

[2009]

*Gestión del agua y planificación territorial
en ámbitos metropolitanos. El caso del
área metropolitana del Valle de Aburrá*



Eugenia González Castrillón

Directores Dr. D. Rafael Mata Olmo
y Dr. D. Carlos Agudelo



Doctorado Territorio, Medio
Ambiente y Sociedad

DEDICATORIA

Al todo poderoso.

A quienes me dieron la vida, y debo lo que soy, Pedro y Mariela.

A quienes llenan mi vida, Juan y Daniel.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa los más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al feliz término esta tesis. La lista de personas es casi interminable, sin embargo a continuación menciono aquellos que sin su apoyo no hubiese logrados estos resultados.

A Rafael Mata Olmo. Director de esta tesis

A Luis Carlos Agudelo. Codirector

A los profesores del doctorado “Territorio, Medioambiente y Sociedad” de la Universidad Autónoma de Madrid, Felipe Fernández, Julio Vinuesa, Fernando Molini y Ana Olivera

A Pilar González y a José María Real, de la Secretaría del Departamento de Geografía (UAM).

A los Profesores de la Universidad Nacional de Colombia Alberto Arias (Geólogo), Ignacio Vélez (Hidrólogo), Carlos Mario Lopera (Estadístico)

Al Geógrafo Dr. Víctor Peña, de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

A los funcionarios de Empresas Públicas Ing. Santiago Ochoa, Ing. Darlin Tobón.

A los funcionarios de Corantioquia Carlos Nicolas Zuluaga, Humberto Sánchez y Janet Duque.

A mis amigos, colegas y compañeros Ana Agudelo de Marín, Darío Álvarez, Mauricio Díaz, Cesar Monje, Carlos Muelas, Alex Chen, Emilio Alecci, Yelitza Aliotti, Carlos Mario Sierra, Ancizar Casas, Diana Álvarez.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PRESENTACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO	9
1.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO	11
1.6 REFERENCIAS TEÓRICAS Y BREVE ESTADO DE LA CUESTIÓN	15
1.6.1 Sostenibilidad urbana y entorno rural	18
1.6.2 Relación Campo-Ciudad.....	23
1.6.3 El agua como capital natural crítico	26
1.6.4 Bienes y servicios ambientales.....	29
1.6.5 El valor del agua	35
1.6.6 Agua y ordenación del territorio	42
1.7 MARCO JURÍDICO Y NORMATIVO	45
2. POLÍTICA AMBIENTAL Y MARCO JURÍDICO DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN COLOMBIA	49
2.1 EL MARCO GENERAL DE LA POLÍTICA DE AGUAS EN COLOMBIA.....	51
2.2 POLÍTICAS PARA CONSERVACIÓN DEL AGUA	56
2.3 EL AGUA EN LA CONSTITUCIÓN NACIONAL.....	61
2.4 LEY 99 DE 1993.....	65
2.5 LEY 142 DE 1994.....	67
2.6 OTRAS LEYES NO AMBIENTALES QUE RESULTAN COMPLEMENTARIAS.....	72
2.7 EL AGUA EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL	75
3. ABASTECIMIENTO, GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA EN AMBITOS URBANOS	87

3.1 TENSIONES POR EL AGUA: AGRICULTURA	
ALIMENTACIÓN Y DEMANDA URBANA.	88
3.1.1 Las necesidades de agua en la producción de alimentos para el abastecimiento de la población	93
3.1.2 Planificación hidrológica	100
3.1.3 Estudios previos de la planificación hidrológica.....	105
3.1.4 Gestión del agua en algunos países de Iberoamérica.....	108
3.1.5 Derechos de agua y gestión ciudadana en los Andes	118
3.2 EL SUMINISTRO DE AGUA A POBLACIONES URBANAS	126
3.2.1 El suministro de agua en Caracas (Venezuela).....	128
3.2.1.1 <i>Embalse Camatagua</i>	129
3.2.1.2 <i>Embalse Lagartijo</i>	131
3.2.1.3 <i>Embalse Taguaza</i>	132
3.2.1.4 <i>Embalse La Mariposa</i>	132
3.2.1.5 <i>Embalse Quebrada Seca</i>	133
3.2.2 El suministro de agua en Ciudad de México D.F. (México) ...	135
3.2.3 El agua en Bogotá (Colombia).....	141
4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON OBJETO DE ORDENACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	150
4.1 LOCALIZACIÓN	150
4.2 RASGOS SOCIALES Y DEMOGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	154
4.2.1 Antecedentes históricos de la organización del valle.....	154
4.2.2 Dinámica poblacional.....	156
4.2.3 El área de estudio en el entorno regional	161
4.2.4 Los ecosistemas estratégicos para el valle de Aburrá.....	166
4.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ	173
4.3.1 Evolución histórica del acueducto metropolitano	174
4.3.2 Sistema de acueducto metropolitano.....	177
4.3.3 Servicio de alcantarillado	184
4.3.4 Embalses que abastecen de agua al área metropolitana	186
4.3.4.1 <i>Embalse Piedras Blancas</i>	186
4.3.4.2 <i>Embalse La Fe</i>	190
4.3.4.3 <i>Embalse Río Grande II</i>	192
4.4 ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ABASTECIMIENTO (CUENCA DEL RIO GRANDE)	196
4.4.1 Formas y organización del relieve	196
4.4.2 Unidades Litológicas.....	206
4.4.3 Suelos y cobertura vegetal	208
4.4.4 Rasgos del clima local	213
4.4.5 Aspectos hidrográficos.....	220

4.4.6 Consideraciones sobre la calidad del recurso hídrico en la cuenca del Río Grande	225
4.4.7 Tenencia de la tierra en el área de abastecimiento	240
4.4.8 Percepción del agua en la cuenca del río Chico. Resultado de encuesta.....	246
4.5 SÍNTESIS TERRITORIAL. UNIDADES DE PAISAJE	250
4.6 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO GRANDE PARA EL ABASTECIMIENTO METROPOLITANO.....	282
4.6.1 Estimación de parámetros para el balance hidrológico...	283
4.6.2 Proceso metodológico para el cálculo de parámetros hidrológicos por unidad de paisaje	288
4.6.2.1 <i>Unidades de paisaje</i>	288
4.6.2.2 <i>Cálculo de parámetros hidrológicos</i>	291
4.6.3 Resultados. Caudal máximo de reparto.....	295
4.7 DEMANDA DE AGUA	296
4.7.1 Consumo de agua en el área de la cuenca	296
4.7.2 Consumos en el área metropolitana	298
4.7.3 Proyecciones de consumo.....	300
4.7.4 Evaluación de la oferta ambiental.....	309
4.7.4.1 <i>Evaluación del estado ambiental por unidad de paisaje</i>	313
4.7.4.2 <i>Resultados de la oferta ambiental</i>	314
4.7.4.3 <i>Resultados: evaluación del estado ambiental para cada unidad de paisaje.</i>	319
4.8 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO REALIZADAS POR EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN (EPM).....	321
5. PROPUESTA DE GESTIÓN DEL AGUA EN EL ÁMBITO METROPOLITANO DEL VALLE DE ABURRÁ	328
5.1 COMPENSACIONES POR CONSERVACIÓN	332
5.1.1 Algunos casos de pago por servicios ambientales	332
5.1.2 La estrategia de compra de tierras en el área de estudio como mecanismo para la conservación	341
5.1.3 Propuesta: Pago por el servicio ambiental de la conservación del agua. “Renta de la Conservación”	347
5.2 ESTIMACIÓN DE LOS PAGOS POR CONSERVACIÓN	356
RESULTADOS.....	367
CONCLUSIONES	371
BIBLIOGRAFÍA	375
ANEXOS	412

ANEXO 1. SÍNTESIS HISTÓRICA DEL SERVICIO DE AGUA EN EL VALLE DE ABURRÁ (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN).....	413
ANEXO 2. RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	420
ANEXO 3. MODELAMIENTO DE LA PRECIPITACION	422
ANEXO 4. ENCUESTA PERCEPCIÓN: GESTIÓN Y USO DEL AGUA EN LA CUENCA Y EN LA REGIÓN.....	443
ANEXO 5. RESULTADOS MODELAMIENTO HIDROSIG	444
ANEXO 6. ATRIBUTOS DE LAS UNIDADES DE PAISAJE	445
ANEXO 7. CALCULO DE CAUDAL DISPONIBLE.....	447
ANEXO 8. INVENTARIO PECUARIO POR MUNICIPIOS SUBREGIÓN NORTE 2005.....	450
ANEXO 9. CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL POR ESTRATO EN ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ PARA EL AÑO 2005, EN m ³	451
ANEXO 10. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA HIDRICA ...	452
ANEXO 11. BASES PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LOS PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA	461

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Síntesis de líneas estratégicas y políticas en relación con el agua.	55
TABLA 2. El agua en el Decreto Ley 2811 de 1974 y sus decretos reglamentarios.....	59
TABLA 3. Decretos reglamentarios del Decreto Ley 2811 de 1974.....	60
TABLA 4. La conservación y el manejo del agua en la Ley 99 de 1993.	66
TABLA 5. Decretos reglamentarios de la Ley 99 de 1999.	66
TABLA 6. Resolución sobre tasas retributivas.	67
TABLA 7. El agua en la Ley de Servicios Públicos.	71
TABLA 8. Elementos de gestión y planificación del agua en el Proyecto de Ley No.____ de 2005.	74
TABLA 9. El Ordenamiento territorial en la Constitución Colombiana.....	77
TABLA 10. Características de la gestión del agua en algunos países iberoamericanos.....	113
TABLA 11. Comparación suministro de agua en diferentes ciudades, 2008.	148
TABLA 12. Población del Valle de Aburrá. Año 2005.	156
TABLA 13. Población de los municipios del área de abastecimiento. 2005.	159
TABLA 14. El área de estudio en la región.	162
TABLA 15. Ecosistemas estratégicos para el valle del Aburrá.....	170
TABLA 16. Producción de agua potable en el Valle de Aburrá.....	181
TABLA 17. Circuitos alimentados de la planta de tratamiento Manantiales.	183
TABLA 18. Características generales del Embalse Piedras Blancas....	187
TABLA 19. Características generales del Embalse La Fe.	190
TABLA 20. Características generales del Embalse Río Grande II.	193
TABLA 21. Organización espacial de geoformas en el ASRO.....	202
TABLA 22. Parámetros de calidad del agua en la cuenca de Río Grande.	239
TABLA 23. Estructura de predios en el área de abastecimiento.....	240
TABLA 24. Porcentaje del tamaño predios por municipio en el área de estudio.....	244
TABLA 25. Usos del suelo en el “Sistema de producción ganadero extensivo mejorado” en el Área de Manejo Especial del Sistema de Páramo y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño.	245
TABLA 26. Parámetros geomorfológicos de la cuenca de los ríos Grande y Chico.	285
TABLA 27. Estimaciones del caudal medio de cada cuenca.	287
TABLA 28. Ejemplo información de tabla dinámica.	290
TABLA 29. Caudal máximo de reparto por unidad de paisaje.	295
TABLA 30. Consumo poblacional de agua por unidad de paisaje, cuencas de los ríos Grande y Chico.....	296
TABLA 31. Consumo de agua del sector ganadero.....	297

TABLA 32. Ecuaciones del modelo de crecimiento poblacional para en el valle de Aburrá.	302
TABLA 33. Ecuaciones del modelo de crecimiento poblacional para la cuenca del río Grande (área de abastecimiento).	303
TABLA 34. Proyección del consumo de agua poblacional.	305
TABLA 35. Calificación del Conflicto Ambiental.	312
TABLA 36. Escala para valorar la oferta ambiental.	312
TABLA 37. Calificación para el estado ambiental.	313
TABLA 38. Servicios ambientales potenciales ofrecidos por unidad de paisaje.	314
TABLA 39. Servicios ambientales actuales ofrecidos por unidad de paisaje.	316
TABLA 40. Calificación oferta ambiental.	319
TABLA 41. Predios comprados en la cuenca del río Grande.	342
TABLA 42. Tamaño de predios en la cuenca del río Grande ubicados en el “Área de Manejo Especial de Bosques Altoandinos y Páramos del Noroccidente Medio Antioqueño”.	345
TABLA 43. Acciones para la gestión por unidades de paisaje. 2008.	357
TABLA 44. Escala de puntuación para el criterio 1.	360
TABLA 45. Orden de importancia de las unidades de paisaje con respecto a la declaratoria de área protegida. 2008.	361
TABLA 46. Escala de puntuación para el criterio 2.	361
TABLA 47. Orden según el tamaño de la propiedad en cada unidad de paisaje. 2008.	362
TABLA 48. Escala de puntuación para el criterio 3. 2008.	363
TABLA 49. Renta para cada unidad de paisaje. 2008.	363
TABLA 50. Valor estimado de la renta por hectárea al año. 2008.	364

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Embalse Camatagua.....	130
FIGURA 2. Cuenca del río Guarico. Embalse de Camatagua.	130
FIGURA 3. Embalse Lagartijo.....	131
FIGURA 4. Embalse Taguaza.	132
FIGURA 5. Embalse La Mariposa.....	133
FIGURA 6. Embalse Quebrada Seca.	134
FIGURA 7. Caracas y sus embalses abastecedores.....	135
FIGURA 8. Cuenca de Lerma.....	137
FIGURA 9. Lago Chapala, Cuenca de Lerma.	138
FIGURA 10. Embalse, sistema Chingaza.....	143
FIGURA 11. Embalse San Rafael, Sistema Chingaza.....	144
FIGURA 12. Esquema de abastecimiento de agua en Bogotá y poblaciones aledañas.....	145
FIGURA 13. Localización general del área de estudio.	151
FIGURA 14. Mapa localización del área de estudio y municipios que la conforman.	152
FIGURA 15. Panorámica del área metropolitana del Valle de Aburrá. ..	153
FIGURA 16. Mapa de distribución de construcciones civiles en la cuenca de Río Grande.....	160
FIGURA 17. Relaciones medio ambiente y pobreza.	168
FIGURA 18. Esquema de representación de los servicios ambientales del valle Aburrá.	169
FIGURA 19. Sistema de distribución del agua en el Área metropolitana del Valle de Aburrá desde plantas de tratamiento.....	182
FIGURA 20. Esquema del sistema de captación Río Grande II	183
FIGURA 21. Embalse Piedras Blancas.	187
FIGURA 22. Cuenca abastecedora embalse Piedras Blancas.....	189
FIGURA 23. Embalse La Fe.	190
FIGURA 24. Cuencas abastecedoras del embalse la Fe.	192
FIGURA 25. Embalse Río Grande II.....	194
FIGURA 26. Área metropolitana del valle de Aburrá y sus embalses abastecedores.....	195
FIGURA 27. Sistema jerárquico de tipos de relieve en el área de estudio.	201
FIGURA 28. Tipos de relieve en altiplano norte y zonas aledañas.....	203
FIGURA 29. Mapa de unidades geomorfológicas de la cuenca de Río Grande.	204
FIGURA 30. Mapa de pendientes de la cuenca de Río Grande.	205
FIGURA 31. Uso del suelo en la cuenca del Río Grande.	213
FIGURA 32. Mapa uso actual del suelo en la cuenca de Río Grande. ..	214
FIGURA 33. Estaciones en la cuenca del Río Grande y área cercanas.....	215
FIGURA 34. Temperaturas medias mensuales en varias estaciones situadas a Alta media y baja de la cuenca del río Grande.	216

FIGURA 35. Mapa de temperatura promedio diaria de la cuenca de Río Grande.	217
FIGURA 36. Histograma de la distribución de la precipitación media mensual (mm) de algunas de la estaciones de la cuenca del Río Grande.	218
FIGURA 37. Mapa de precipitación media anual de la cuenca de Río Grande.	219
FIGURA 38. Mapa red de drenaje de la cuenca de Río Grande.....	221
FIGURA 39. Producción lechera. Cuenca Río Grande.....	227
FIGURA 40. Cultivo y beneficio de papas (patatas) (<i>Solanum sp.</i>). Cuenca Río Chico.	227
FIGURA 41. Cultivos de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). Izquierda, cuenca Río Chico; derecha, cuenca Río Grande.....	228
FIGURA 42. Unidad porcícola. Cuenca Río Chico.	228
FIGURA 43. Estación piscícola. Truchera Belmira.	229
FIGURA 44. Ausencia de retiro en márgenes del Río Chico.	230
FIGURA 45. Invasión de cauce y vertido de aguas servidas.	230
FIGURA 46. Contaminación por quemas a cielo abierto.	231
FIGURA 47. Contaminación de la Quebraba Santa Bárbara en la confluencia al Río Chico. Vertido de Sueros de la empresa Colanta.	232
FIGURA 48. Contaminación de Quebrada Miraflores, zona urbana del municipio de San Pedro. Vertido de aguas residuales de la empresa Colanta.	233
FIGURA 49. Vertedero (Relleno sanitario) municipio de Santa Rosa de Osos.	236
FIGURA 50. Vertedero municipio de San Pedro de los Milagros.....	236
FIGURA 51. Aspecto general del Vertedero Municipio de Entreríos. ...	237
FIGURA 52. Vertedero municipio de Belmira.	237
FIGURA 53. Aspecto general del uso del suelo en zonas altas. (Latifundio).	241
FIGURA 54. Aspecto general uso del suelo en predio multifamiliar medio.	242
FIGURA 55. Aspecto general uso del suelo en predio familiar.....	243
FIGURA 56. Aspecto general uso del suelo en predio subfamiliar.	243
FIGURA 57. Respuestas a las preguntas dicótomas de la encuesta, ...	247
FIGURA 58. Principales usos del agua según los pobladores de la cuenca.....	248
FIGURA 59. Principales contaminantes.	248
FIGURA 60. Principales actores contaminadores.....	249
FIGURA 61. Entidades que ejercen control ambiental en el área.....	249
FIGURA 62. Mapa unidades de paisaje de la cuenca de Río Grande...	251
FIGURA 63. Bosque de roble sobre vertientes onduladas.	253
FIGURA 64. Fisonomía del <i>Quercus humboldtii</i>	253
FIGURA 65. Nacimiento fuente de agua.	254
FIGURA 66. Bosques intervenidos.	255
FIGURA 67. Relieve y uso del suelo.	256
FIGURA 68. Pastos, rastrojo y bosque.....	257

FIGURA 69.	Relieve de colinas. Antiguas cicatrices de deslizamiento..	258
FIGURA 70.	Sobrepastoreo.....	258
FIGURA 71.	Erosión en las márgenes de río Chico	259
FIGURA 72.	Deslizamientos de tierra en los taludes de la vía.	259
FIGURA 73.	Pastos mejorados en relieve plano. Río Chico.....	260
FIGURA 74.	Relieve de colinas intermedias a bajas.	261
FIGURA 75.	Bosque secundario.....	262
FIGURA 76.	Rastrojo alto y bosque plantado (<i>Pinus patula</i>).	262
FIGURA 77.	Bosque plantado.	263
FIGURA 78.	Deslizamiento sobre la vía.	263
FIGURA 79.	Talud desnudo a ambos lados de la vía.....	264
FIGURA 80.	Embalse Riógrande II. Vereda Río Grande (Entrerríos)...	264
FIGURA 81.	Embalse Riógrande II. Vereda Río Chico.	265
FIGURA 82.	Paisaje de colinas redondeadas.....	266
FIGURA 83.	Formación de surcos.....	266
FIGURA 84.	Bosque plantado en matriz de pastos mejorados.	267
FIGURA 85.	Ganadería en relieve de colinas.....	267
FIGURA 86.	Cultivo de maíz	268
FIGURA 87.	Cultivo de papa.	268
FIGURA 88.	Valla publicitaria Proyecto de inversión en la Quebrada la Torura (Entrerríos).....	269
FIGURA 89.	Quebrada la Torura. Municipio de Entrerríos.	269
FIGURA 90.	Relieve de colinas altas y colinas bajas.	270
FIGURA 91.	Rastrojo a ambos lado del río Grande.....	271
FIGURA 92.	Hundimiento de la vía.....	271
FIGURA 93.	Vertientes colinadas a escarpadas.....	272
FIGURA 94.	Relieve muy disectado. “Patatas de vaca” y desgarres superficiales.	273
FIGURA 95.	Colina media. Pastos.	274
FIGURA 96.	Ganadería en colinas altas. Relieve poco disectado.....	274
FIGURA 97.	Cicatriz de deslizamiento.	275
FIGURA 98.	Aspecto general de la unidad. (Vertiente colinada).....	276
FIGURA 99.	Uso del suelo. Ganadería y bosque.	276
FIGURA 100.	Rastrojo y pasto.	277
FIGURA 101.	Pastos superficies bajas. Robles en colina.	278
FIGURA 102.	Relieve de vertientes onduladas en las partes altas de las cordilleras.	279
FIGURA 103.	Vegetación del páramo. Frailejones (<i>Speletia sp.</i>) y arbustos.....	280
FIGURA 104.	Vegetación herbácea.	280
FIGURA 105.	Pastizales.....	281
FIGURA 106.	Vegetación tipo arbustivo.	281
FIGURA 107.	Ciénaga el Morro.....	282
FIGURA 108.	Indicadores de la matriz de direcciones.	286
FIGURA 109.	Caudal multianual por estación estimado por el software <i>Hidrosig</i>	287
FIGURA 110.	Ilustración del proceso de vectorización.....	289
FIGURA 111.	Ilustración de la delimitación de unidades de paisaje.....	290

FIGURA 112. Ilustración de cálculo a partir del raster de precipitación.	292
FIGURA 113. Ilustración de cálculo de evapotranspiración en una unidad de paisaje.	293
FIGURA 114. Ilustración de cálculo del caudal ecológico.	294
FIGURA 115. Esquema del balance de agua de la cuenca de Río Grande (m ³ /día).	299
FIGURA 116. Proyección del crecimiento poblacional en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	303
FIGURA 117. Proyección de población del área de abastecimiento (cuenca del río Grande).	304
FIGURA 118. Demanda total de agua calculada a partir de las estimaciones del crecimiento poblacional.	305
FIGURA 119. Balance entre oferta y demanda, escenario 1.	306
FIGURA 120. Balance entre oferta y demanda, escenario 2.	307
FIGURA 121. Balance entre oferta y demanda, escenario 3.	308
FIGURA 122. Balance oferta – demanda en tres escenarios.	309
FIGURA 123. Mapa de usos potenciales del suelo en la cuenca de Río Grande.	315
FIGURA 124. Mapa conflictos entre la oferta ambiental hídrica actual y la oferta hídrica potencial en la cuenca de Río Grande.	318
FIGURA 125. Mapa de acciones para la gestión en las unidades de paisaje de la cuenca de Río Grande.	358
FIGURA 126. Mapa de rentas para la conservación por unidad de paisaje en la cuenca de Río Grande.	365

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

La investigación se ocupa, desde una perspectiva territorial, de la gestión del agua en un ámbito urbano con características metropolitanas, que demanda y obtiene el recurso hídrico de un área geográfica exterior, tal como ocurre habitualmente en las conurbaciones en relación con el aprovisionamiento y uso de los recursos naturales. Se trata el problema de la gestión del agua en un espacio metropolitano de América Latina no deficitario, que requiere sin embargo criterios de ordenación y gestión territorial, tanto en el área generadora como en la receptora del recurso, para velar por la sostenibilidad de la "cantidad" del mismo, y, sobre todo, por su calidad.

El caso objeto de estudio es el área metropolitana de la ciudad de Medellín, en el valle del Aburrá, en Colombia. Se analiza la situación actual y futura de este espacio en términos de la disponibilidad del recurso hídrico, teniendo en cuenta el aumento de la demanda resultante del crecimiento poblacional y

los usos de la urbe, así como de la región que constituye la cuenca hidrográfica abastecedora.

Medellín es una ciudad con un crecimiento muy vigoroso que depende, para su abastecimiento de agua, de varias fuentes, ubicadas en un área rural sometida, a su vez, a fuertes presiones derivadas de la actividad humana y cuya gestión se hace sólo parcialmente desde la ciudad. En otras palabras, las fuentes de agua que abastecen la ciudad de Medellín y su área metropolitana localizada en el valle de Aburrá corren el riesgo de deteriorarse como resultado de cambios en el uso del suelo (actividades agrícolas, nuevas formas de urbanización, transformación de ecosistemas estratégicos, etc.), generados en muchos casos por la necesidad de mejora de la rentabilidad económica de los campesinos, pero con efectos ambientales indeseables.

En la unidad geográfica de la cuenca del río Medellín o Aburrá, a causa de un intenso proceso de urbanización se agotó, en buena parte, el recurso hídrico. En busca de agua en otras cuencas aledañas, los sistemas de abastecimiento se han debido localizar a mayores distancias y fuera de su jurisdicción político-administrativa.

El área metropolitana del valle de Aburrá (AMVA), integrada por diez municipios (Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, Caldas, La Estrella, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa), cuenta con 3.31 millones de habitantes, de los cuales el 94% se concentra en las cabeceras municipales, siendo la segunda área más poblada del país, después de Bogotá. Se abastece en un 96% de dos embalses: La Fe, con una capacidad útil de 12,1 millones de metros cúbicos, y Río Grande II, con 150,9 millones de metros cúbicos de capacidad.

Para esta investigación se ha seleccionado como área específica de estudio la cuenca que surte el embalse Río Grande II, por ser la fuente de mayor

capacidad y la única que atenderá en el futuro la totalidad de la demanda del área metropolitana. Su sostenibilidad constituye un reto para la planificación y gestión del agua, pero también para la ordenación del territorio.

La cuenca posee ecosistemas valiosos y estratégicos: el páramo de Belmira, los bosques de roble y los humedades de Santa Rosa de Osos, propios de zonas tropicales, donde la biodiversidad y el ciclo del agua encuentran su máxima expresión y reclaman su conservación. Es, pues, zona de gran valor ambiental y económico, y objeto de fuertes procesos de transformación dadas sus características potenciales para la “producción de agua” y también, para producción agrícola y pecuaria. Resulta perentorio, entonces, actuar con coherencia sobre este espacio, sus recursos y sus gentes para contribuir a la sostenibilidad del recurso más estratégico -el agua-, pero integrando e implicando a la población, y garantizándole adecuadas condiciones de vida.

Las intervenciones que en los últimos 30 años han transformado el ecosistema de la cuenca incluyen la eliminación de parte de la vegetación natural para la constitución de unidades de producción agrícola y ganadera, los vertidos y los cambios en el uso del suelo, con la consecuente alteración de los ecosistemas alto-andinos, y los efectos ambientales, sociales y económicos que de ello se derivan. Preocupan en especial la pérdida de calidad del agua para el abastecimiento de la población y los costos crecientes que implica su tratamiento, con importante incidencia en las tarifas. Ante esta situación, la tesis justifica y propone acciones que pretenden dar respuesta a los problemas ambientales, sociales y económicos suscitados.

Empresas Públicas de Medellín (EPM), entidad responsable de la construcción y administración de los embalses y redes de abastecimiento de agua para Medellín y su área metropolitana, tradicionalmente ha llevado a cabo acciones en los diferentes ecosistemas, sin involucrar en la

gestión del agua a los habitantes y propietarios de las áreas y los ecosistemas donde se ubican las fuentes abastecedoras. Este hecho viene generando desequilibrios y tensiones territoriales entre los municipios, y entre los municipios y los particulares, dadas las diferentes cargas que deben asumir unos y otros, con subsiguientes problemas de orden social, por la falta de compensaciones vinculadas a las restricciones y limitaciones que en muchos casos implica la conservación.

La investigación incide en la planificación territorial como estrategia para contribuir a una gestión integral del agua, partiendo del reconocimiento de las múltiples funciones y valores del recurso hídrico, y de la necesidad de abordar su gestión en diálogo e interacción con el contexto territorial y social en el que se desenvuelve. Se trataría de poner en valor áreas identificadas para la conservación, a través de la selección de criterios ecológicos, económicos, sociales y ambientales que, considerados de un modo integral, tras un análisis cualitativo y cuantitativo, permiten priorizar la ordenación espacial y, con ello, elementos para la planificación adecuada y la gestión sostenible del agua.

Como resultado de este trabajo de investigación se proyectan también posibles escenarios de relación entre oferta y demanda de agua. Se brinda la oportunidad para la toma de conciencia ante la importancia de garantizar la sostenibilidad del desarrollo, en términos de la disponibilidad del agua a futuro. Asimismo, se evalúa el estado actual de los ecosistemas y embalses proveedores de agua para el área metropolitana y, por referencia, los resultados de políticas recientes y actuales de la gestión del agua y su incidencia en la conservación de los ecosistemas que proveen el recurso. Finalmente se proponen alternativas pertinentes para la gestión ambiental del agua que incluyan a las comunidades y el ordenamiento del territorio y de los ecosistemas que la proveen.

En cuanto al proceso metodológico y al conjunto de estrategias desarrolladas en la investigación, es posible que además de la aplicación directa al caso de Medellín y su región de influencia, constituya base para desarrollos en otras áreas urbanas con características metropolitanas o conurbaciones que dependan de bienes y servicios ambientales provenientes de entornos diferentes al propio. Asimismo, el concepto novedoso de renta de la conservación es igualmente aplicable a casos en los que se busque la sostenibilidad urbana y de su entorno rural vinculado.

1.2 OBJETIVOS

Esta investigación aborda la función del agua en el contexto de los procesos y de los desequilibrios territoriales. Se asume la posición planteada, entre otros, por Leandro del Moral (2001 y 2009) y Federico Aguilera de que “no hay gestión del agua sin gestión del territorio, de la misma manera que no nos apropiamos sólo del recurso sino de los ecosistemas” (Aguilera, 1997:10). La necesidad de garantizar el agua para el abastecimiento metropolitano hace indispensable planificar el recurso hídrico de modo integrado con la ordenación y gestión de los espacios rurales y naturales proveedores del preciado líquido, y de modo concertado con las comunidades que utilizan tales espacios.

En el caso que nos ocupa, el hecho de gestionar el agua sin ordenar el territorio genera al menos tres problemas que se tratan en esta tesis. El primero es que, dada la abundancia del recurso en la zona, se desconocen o minimizan los problemas de calidad del agua y su relación con el deterioro ecosistémico de las fuentes. El segundo consiste en que para solucionar el problema basta con castigar a quienes aprovechan económicamente los territorios y ecosistemas

proveedores, o bien comprar sus tierras para ponerlas bajo la “protección” del Estado. El tercero se concreta en imponer esta discutible solución a través de una legislación muy fuerte, que amenaza con agravar la situación de los campesinos, limitar su dominio sobre la tierra e imponerles la responsabilidad de conservar bienes de cuyos servicios no son beneficiarios, esto es asumir el costo (y los riesgos) de producir un agua que aprovechan otros, pero que no les es pagada. Como señaló un campesino en un evento público, “si quieren que el agua baje, es necesario que el dinero suba”. Por ello se subraya la necesidad de revisar las políticas y, sobre todo, las estrategias vigentes de gestión, que privilegian un sistema injusto con los dueños de tierras productoras de agua, por lo común pequeños campesinos, la mayoría de los cuales habitan las tierras altas del país, donde crían ganado y producen papa y verduras.

Teniendo en cuenta que, en este caso, se dispone del recurso en cantidad y que el principal problema corresponde a la calidad como resultado del deterioro creciente de la cuenca que lo provee, se propusieron los siguientes objetivos específicos para desarrollar el tema:

- Proyectar posibles escenarios de oferta y demanda de agua en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) como un indicador de la sostenibilidad del desarrollo en términos de disponibilidad y calidad del agua en el futuro.
- Evaluar el estado actual de los ecosistemas, paisajes y embalses proveedores de agua al AMVA y, en relación con ello, los resultados de políticas recientes de gestión y su incidencia en la conservación de los ecosistemas que proporcionan el recurso y en las poblaciones rurales implicadas.

- Proponer alternativas razonables de gestión ambiental del agua, que incorporen el ordenamiento del territorio y de los ecosistemas que la proveen.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país rico en recursos hídricos, con una precipitación media de 3.000mm/año, dobla el promedio registrado en Suramérica y cuadriplica el promedio mundial anual. Sin embargo, la disponibilidad de agua se ve fuertemente afectada por los bajos niveles de calidad. En Colombia se vierte a los cuerpos hídricos el 92% del agua servida, sin tratamiento previo alguno (Piedrahita, 2006). Por tanto el problema de la gestión del agua en el país se centra en abastecer de agua potable a la población, lo que requiere grandes esfuerzos para mejorar su calidad y garantizar la cantidad.

En Colombia, donde 57% de la población está concentrado en el 2.6% del territorio, que corresponde a las ciudades andinas y caribes, se están construyendo ciudades y pueblos insostenibles (Carrizosa, 2003), en unos casos por concentración y en otros por dispersión inconexa a la luz de un estudio del IDEAM (2002). Esta situación lleva a las ciudades a la búsqueda de nuevos espacios que atiendan las necesidades de bienes y servicios ambientales, con lo que se incrementa la demanda a las zonas rurales de los recursos naturales para satisfacer no sólo necesidades básicas, sino también mejora en la calidad de vida de la población urbana en relación con el uso público de los paisajes naturales y rurales de su entorno.

El deterioro ambiental de los espacios urbanos, causado por la degradación de los ecosistemas periféricos y los patrones de ocupación dispersos y desordenados, tiene efectos considerables sobre la disponibilidad de recursos naturales y servicios ambientales. El agua componente ambiental de primer orden y recurso insustituible para la supervivencia de los seres humanos, requiere una atención especial para garantizar su sostenibilidad, que implica la gestión y conservación de los sistemas hídricos como integrantes del sistema territorial global.

El Estado colombiano ha planteado, como estrategia fundamental de gestión del agua, la ordenación de las cuencas hidrográficas mediante el Decreto 1729 de 2004. Así mismo, la iniciativa de conceder al agua el carácter de derecho fundamental y el Proyecto de Ley por el cual se establecen medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico tienen como fin asegurar su disponibilidad presente y futura, tanto en calidad como en cantidad adecuadas como elemento estratégico para el desarrollo sostenible de la Nación. Esta investigación cobra todo su sentido en este nuevo marco de cultura del agua dentro de la sostenibilidad urbana. Se destaca la necesidad de asignar a cada unidad del territorio una función y un uso según sus calidades, con objeto de lograr una armonía entre la vocación y el uso actual del territorio, que tiene en cuenta, primordialmente, que dicho uso garantice la conservación del agua.

El área metropolitana del valle de Aburrá (AMVA) es una de las zonas de mayor crecimiento y densidad demográfica de Colombia; ha ido expandiendo sus fuentes de agua hasta llegar a depender de algunas muy lejanas y fuera de su jurisdicción. Estas zonas y sus ecosistemas están sometidos, por su parte, a una intensa presión de poblaciones campesinas que tratan de obtener del aprovechamiento económico de la tierra y los ecosistemas, los recursos necesarios para su subsistencia, afectando en cantidad, estabilidad y calidad al agua

necesaria en el AMVA. La protección de las cuencas hidrográficas podría ser la principal fuente de ingresos de estos campesinos, si las políticas de gestión hídrica fueran las adecuadas. En efecto, el agua es, en la práctica, y debería serlo en lo económico, el mayor recurso que producen estas áreas rurales adyacentes al AMVA. No obstante, las políticas de gestión del agua rara vez contemplan la posibilidad de pagar a los pobladores rurales por el agua proveniente de estas zonas y, más bien se orientan a sancionar a los campesinos por el deterioro de los ecosistemas o, en el mejor de los casos, a adquirir sus tierras para destinarlas a conservación de las fuentes de agua. Ambos mecanismos han demostrado ser insuficientes para detener el deterioro, pues el castigo es inadecuado y la compra es ineficiente, al poner en manos de los municipios el manejo de grandes extensiones que terminan siendo abandonadas o invadidas. La perspectiva resultante del panorama descrito es de deterioro creciente.

1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO

En Colombia, como en el mundo en general, hay una tendencia clara a la concentración de la población en ciudades y otras formas de aglomeración urbana. La población pasó de ser en un 70% rural hacia 1930 a un 70% urbana a finales del siglo XX. Esto genera una demanda concentrada de bienes y servicios ambientales que, en el caso del agua, suele suplirse con la búsqueda de nuevas fuentes, a medida que las tradicionales se tornan insuficientes o, lo que es peor, se agotan por deterioro ambiental de los ecosistemas de sus cuencas.

Agudelo (2005) hace referencia al reciente urbanización que ha tenido lugar en Colombia y a las preocupaciones que se generan con la reconfiguración como consecuencia de los nuevos patrones de ocupación

y de distribución espacial de la población: urbanización de las zonas bajas tropicales, la distribución urbano-rural, los procesos de urbanización en entornos metropolitanos, el surgimiento de nuevas regiones urbanas. Con ello se ha suscitado el tema de la conformación de las Regiones Metropolitanas, como el resultado de la extensión sobre territorios aledaños a las grandes ciudades, de los procesos de urbanización, entendidos desde la localización de usos y equipamientos necesarios para el funcionamiento urbano, en localidades externas a la ciudad consolidada. Cuando se trata el tema del abastecimiento de recursos para las áreas urbanas, estos territorios externos a los ámbitos de donde se demandan los recursos requieren su incorporación a los procesos de planificación y ordenación del territorio de suerte que se logre una gestión integrada.

El problema de la gestión del agua en un espacio metropolitano se concreta en el hecho de que el aprovisionamiento del agua se hace desde un área rural externa a la metrópoli, en la que se desarrollan actividades productivas que inciden en la calidad del recurso, por lo que su disponibilidad se reduce, al tiempo que se afecta a la población que depende de ella.

Se parte pues de la hipótesis de la importancia estratégica de las comunidades locales y municipios integrantes del área proveedora de agua en la gestión metropolitana del recurso. Se reconoce a la vez como punto de partida, la trascendencia de los cambios en los usos del suelo en las áreas rurales proveedoras del recurso sobre la cantidad y la calidad del mismo, y la escasa capacidad de los municipios integrantes del área suministradora en la tarea de ordenación de su territorio y recursos, incorporando la función productora y reguladora del agua. Por consiguiente, la gestión del agua que abastece centros metropolitanos debe incluir la planificación del espacio que cumple esta multiplicidad de funciones, en tanto que el área demandante debe por su parte planificar

su modelo territorial teniendo en cuenta las restricciones, los valores y los necesarios equilibrios ambientales y socioeconómicos en la cuenca proveedora.

1.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El proceso metodológico para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación se puede describir por etapas como sigue:

Primera etapa: recopilación de la información. Se recogió el material básico para la estructuración del marco teórico que dio las bases temáticas sobre las cuales se fundamentó la investigación. Se buscó información relacionada con los temas de sostenibilidad urbana y entorno rural, ecosistemas y áreas proveedoras de agua, y la planificación territorial, tópicos tratados en el primer capítulo. Se elaboraron fichas bibliográficas y de trabajo en el campo. Se buscó también cartografía del área de estudio e información del área metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y de la región norte del departamento de Antioquia (Colombia); documentación necesaria para la caracterización del área de estudio.

Se revisó información de bibliotecas y centros de documentación oficial e institucional de las empresas y entidades que tienen competencias en el área de estudio, como son:

- Las Empresas Públicas de Medellín EPM, grupo empresarial encargado de prestar los servicios públicos, de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico, entre otros, al AMVA
- La Corporación Autónoma del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA, autoridad ambiental en el área de estudio

- la Secretaría de Agricultura del departamento de Antioquia
- El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM
- El Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI, y
- La Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Todas ellas aportaron información, registros, bases de datos y documentación en las diferentes áreas temáticas. En las diversas entidades se hicieron además entrevistas con expertos.

Segunda etapa: visitas de campo al área de estudio. Se hicieron recorridos por las cuencas de los ríos Grande y Chico, se aplicó una encuesta de percepción del agua a los habitantes asentados en la cuenca, se tomaron fotografías, y se identificaron unidades homogéneas de paisaje. En estas excursiones se contó con la colaboración de habitantes de la región y profesionales en las áreas de ingeniería forestal, ingeniería administrativa, antropología, sociología y geología. El material elaborado a partir de este trabajo se utilizó en los capítulos 3 y 4 (Abastecimiento, gestión y planificación del agua en el área metropolitana del Valle de Aburrá y Caracterización del área de estudio con objeto de ordenación y gestión de los recursos hídricos - Propuesta de gestión del agua en el ámbito metropolitano del Valle de Aburrá).

Tercera etapa: sistematización de la información. Ha supuesto la organización, digitalización, tabulación de la documentación, utilización de diferentes software como el ArcSig 9.1, para la elaboración cartográfica; el HydroSig 3.1 para el cálculo de caudales; modelización matemática para el análisis de la precipitación, programa Statgraphics 5 para la proyección de crecimiento de la población. Los procesos metodológicos se detallan en cada sección.

Cuarta etapa: análisis de resultados. Se realizaron cálculos, se aplicaron fórmulas matemáticas y escalas de valor, el método de comparación, estimaciones y proyecciones, que dieron pie para escribir y concluir el capítulo 3 (Abastecimiento, gestión y planificación del agua en ámbitos urbanos) y el capítulo 4 (Caracterización del área de estudio con objeto de ordenación y gestión de los recursos hídricos e estudió la normativa ambiental relacionada con el agua la cual se hizo a partir de la revisión de la legislación lo que se plasmó en el segundo capítulo (Políticas ambientales y marco jurídico de la gestión del agua en Colombia).

La quinta y última etapa ha sido conclusiva y propositiva, incluyendo junto a los resultados y conclusiones de la investigación, una propuesta de corte innovador sobre la gestión territorial del agua en el área objeto de estudio.

La memoria de la tesis doctoral se presenta en un documento estructurado en capítulos de la siguiente manera:

En este capítulo 1, junto a la presentación de la investigación, su justificación y pertinencia, se sintetizan algunos asuntos de orden general y referentes teóricos en los que se contextualiza la tesis. Concretamente se plantean cuestiones relacionadas con la sostenibilidad urbana y la relación campo-ciudad, y se apuntan algunas ideas, desde la perspectiva del agua como recurso, sobre bienes y servicios ambientales, sobre el agua como capital natural crítico y su valor, y sobre las relaciones entre agua y ordenación del territorio.

En el capítulo 2 se aborda el marco jurídico de la planificación y la gestión del agua en Colombia, desde la perspectiva estrictamente hidrológica, pero también ambiental. Toda vez que en Colombia, la legislación ambiental goza de autonomía normativa, se ha procedido al seguimiento histórico desde las primeras normas que regularon este aspecto tan

importante del Derecho Colombiano, a partir del Decreto Ley 2811 de 1974 denominado Código Nacional de Recursos Naturales (República de Colombia, 1974), hasta la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993), que desarrolla y ofrece aplicación fundamental a las normas constitucionales de la Carta Política de 1991 (República de Colombia, 1999). En la Constitución Política de Colombia, el derecho a un medio ambiente sano se estableció como derecho colectivo y goza de protección preferente por el Estado, a tal grado, que se habla exclusivamente de un derecho de aguas.

En el capítulo 3, tras la presentación de la política ambiental y el marco normativo, se introduce el concepto de *gestión* que hace alusión al desarrollo sociopolítico y jurídico a que está sometido todo proceso de conservación y recuperación de recursos naturales. En este capítulo repasa el problema de abastecimiento de agua en las áreas metropolitanas de Iberoamérica, para lo que se seleccionaron algunos casos. A la vez se busca evidenciar el valor de la inversión agrícola en el proceso de desarrollo urbano. La conurbación y la demografía poblacional pueden ir de la mano de la política y la inversión de los gobiernos de turno en procesos de reforestación de los bosques y las cuencas. Lo uno no se opone a lo otro, no serían procesos antagónicos, si se desarrollaran ecológicamente con intereses conservacionistas, en comparación y correlación con los demás países iberoamericanos.

El capítulo 4 se dedica a la caracterización geográfica del área metropolitana del Valle de Aburrá del montañoso Departamento de Antioquia. Este verde pedazo de tierra de Colombia es mirado sociopolíticamente en el mundo de la globalización como “la mejor esquina de América”, dada su estratégica ubicación geográfica para el comercio internacional (costas sobre el Atlántico y cercanía al Canal de Panamá), amén de su abundante y especial biodiversidad.

Concentra su especial interés la investigación en la cuenca del río Grande por ser precisamente esta zona la “fábrica de agua”, que además de satisfacer la demanda de agua potable de la población asentada en la cuenca y en el área metropolitana del valle de Aburrá, también surte de energía el extenso territorio regional y parte del nacional. Junto a la síntesis territorial del área expresada en unidades de paisaje, de valor no sólo descriptivo sino también operativo, como se ve en capítulo siguientes, se pretende también ilustrar aquí a la comunidad científica y académica sobre los esfuerzos que la autoridad ambiental de Colombia ha venido realizando en el desarrollo de las políticas regionales para la conservación y recuperación de dicha cuenca.

El quinto y último capítulo presenta una propuesta de planificación territorial y gestión del agua. Inicialmente se muestran experiencias en el ámbito internacional en pagos por compensación relacionados en su mayoría con la conservación de los bosques y la biodiversidad, se sientan las bases teóricas del nuevo mecanismo propuesto para un pago por compensación denominado por la autora “renta de la conservación del agua”, lo que sobre la base de la identificación y valoración de unidades de paisaje, permite construir y desarrollar una metodología que resulta aplicable a cualquier conurbación con características metropolitanas.

1.6 REFERENCIAS TEÓRICAS Y BREVE ESTADO DE LA CUESTIÓN

“La batalla por la sostenibilidad se ganará o se perderá en las ciudades”.
Mathis Wackernagel *et al* (1999).

El área metropolitana del Valle de Aburrá se ubica en el departamento de Antioquia en Colombia, en una región privilegiada en términos geopolíticos, con características ecológicas y climáticas que favorecen un régimen hídrico en el que el agua siempre podría estar disponible en

cantidad. No obstante, el deterioro de los ecosistemas y las cuencas asociadas a los embalses viene afectando a la calidad del recurso.

Los ecosistemas “productores agua” –para el caso, humedales y páramos ubicados en la cuenca del Aburrá–, son intervenidos, por lo que sus condiciones físicas se ven alteradas. Esta situación se manifiesta en el fenómeno de expansión de la frontera agropecuaria en la zona agroindustrial de la región norte del departamento de Antioquia. La pérdida de calidad del recurso hídrico generado por los vertidos de aguas residuales a los ríos y arroyos, los procesos de erosión a causa de las actividades ganaderas y las inadecuadas prácticas agrícolas, la falta de retiros de las fuentes de agua conforme a lo establece la norma ambiental están afectando también a la disponibilidad del recurso hídrico para el abastecimiento metropolitano.

Ante esta situación, las empresas y entidades relacionadas con el servicio de agua potable y medio ambiente emprenden algunas acciones: Empresas Públicas de Medellín EPM, entidad encargada de prestar el servicio de agua potable y alcantarillado al área metropolitana, realiza acciones de reforestación y financia proyectos de saneamiento básico en las áreas aledañas al embalse. Por su parte, la autoridad ambiental Corporación Autónoma Regional del centro de Antioquia CORANTIOQUIA compra los predios donde se ubican los nacimientos de las fuentes de agua que abastecen los acueductos locales o municipales. Sin embargo y pese a estos esfuerzos el agua potable no llega a toda la población. Los costos del fluido aumentan en la medida en que se incrementan los tratamientos del agua para su potabilización y no toda la población tiene para pagar, resultando entonces familias desconectadas y con ello un alto costo social. Por esta razón se deberá actuar mediante una gestión

integrada que logre ser eficaz y permita garantizar el recurso a toda la población.

Más allá de tales acciones subyace el conflicto entre el uso del suelo para producir alimentos y el destino a conservación para satisfacer la demanda de agua a una población creciente ubicada fuera de la cuenca abastecedora. Es la expresión de la paradoja o contradicción de favorecer el desarrollo urbano a costa de privar a los pobladores rurales, con escasas alternativas fuera de su ámbito de vida, de su propio desarrollo. Por eso se insiste en la necesidad de gestionar desde las áreas metropolitanas las regiones que brindan bienes y servicios ambientales.

En la actualidad lo usual es la adquisición de tierras por parte de las autoridades ambientales para mantener el uso del suelo en conservación mediante la protección de los recursos edáfico, hídrico y forestal a través de áreas identificadas como protectoras o protectoras-productoras. En el área de estudio se encuentra una zona declarada por la autoridad ambiental como “Distrito de Manejo Integral de Bosques y Páramos Altoandinos en el noroccidente antioqueño”, integrado eminentemente por altas montañas andinas con ecosistemas de páramo y bosques altoandinos, de gran valor por sus funciones ambientales y ecosistémicas relacionadas con la regulación del ciclo hidrológico.

Para otros bienes y servicios ambientales se viene aplicando la propuesta de un sistema de compensaciones intermunicipales por el alojamiento de obras de interés metropolitano que causan cargas al municipio donde se localizan. El sistema compensatorio pretende cubrir los costos o cargas que no se reflejan en los costos de construcción y operación de la infraestructura, equipamiento u obra. En esa misma línea, en esta investigación se considera pertinente

incluir la conservación entre las compensaciones a los municipios donde se ubican los ecosistemas que abastecen de agua al área metropolitana. Se propone concretamente un instrumento como el de la renta de la conservación, objeto de desarrollo en la última parte de esta investigación.

1.6.1 Sostenibilidad urbana y entorno rural

El crecimiento de las modernas economías urbanas implica demandas crecientes de capital natural para su abastecimiento y emisiones cada vez mayores de residuos al ambiente local y global. En la medida en que la humanidad se urbaniza, también modifica su relación con el Planeta; la urbanización global hace que la humanidad incremente en gran medida el uso de los recursos naturales (Girardet, 2001).

Los anhelos de las ciudades por inscribirse en una economía mundial para atraer una producción versátil y competitiva, contribuyen a acelerar los procesos de urbanización mundial de una manera nunca antes vista. El intenso proceso de urbanización, las alteraciones del medio por las aglomeraciones de población con los consecuentes consumos de agua, recursos naturales, suelo y generación de contaminación y residuos, imponen importantes demandas de uso sobre el espacio urbano, donde las actividades poco rentables o con problemas ambientales se ven expulsadas del medio urbano, con lo que trasladan el problema al medio rural.

El tema de la sostenibilidad urbana no ha sido ajeno a la problemática mundial en todos los estudios históricos de lo ambiental. En el siglo XVIII, según señala Lewis Mumford (1956) en su obra “Historia natural de la urbanización”, la cantidad de suelo dedicada a usos urbanos se

encontraba acotada, aunque sólo fuese por la propia limitación de la población. Esta situación se ha visto alterada por completo a lo largo de los últimos tres siglos debido a una serie de cambios interrelacionados. El primero de ellos es el hecho de que la población mundial ha estado creciendo de manera constante desde fines del siglo XVII, fecha desde la que es posible realizar cálculos estadísticos razonables, o al menos aproximaciones aceptables. En el mismo texto el autor ilustra estadísticamente dicho crecimiento poblacional citando a Woytinsky en los siguientes términos: “(...) La tasa de crecimiento de población parece haber aumentado de forma constante: 2,7% desde 1650 a 1700; 3,2% en la primera mitad del siglo XVIII y 4,5% en la segunda mitad; 5,3% desde 1800 a 1850; 6,5% desde 1850 a 1900 y 8,3% desde 1900 a 1950” (Woytinsky, 1953, citado por Mumford, 1956). No obstante, los mismos estadísticos, continúa afirmando Mumford, manifiestan que “...estas medias no pueden tomarse muy en serio; es muy probable que se haya producido una aceleración y, casi sin lugar a dudas, se puede afirmar que la población se ha duplicado entre 1850 y 1950, al mismo tiempo que la mano de obra requerida para mantener la productividad agrícola en las explotaciones mecanizadas ha disminuido”.

En 1800, según un informe de Naciones Unidas de 1990, sólo el 3% de la población mundial vivía en las ciudades, en 1900 esta cantidad pasa a ser el 15%, y en 1950 el 33% (United Nations – Nations Unies, 1990). Tal proceso de urbanización se ha producido en un cuarto de siglo, tiempo que coincide con los procesos de globalización de la economía.

El origen de la ciudad a partir de la aldea fue posible, como señala el propio Mumford (1956), gracias a las mejoras en la agricultura y en la conservación de los alimentos introducidas por la cultura neolítica, explicada, en su momento, por el cultivo de cereales que podían ser producidos en abundancia y almacenados sin mella de un año para otro. De esta forma fueron los cereales la fuente principal de energía;

vale recordar que ninguna otra fuente de energía fue tan importante hasta la explotación de las vetas de carbón de Sajonia e Inglaterra.

En el mismo sentido Herbert Girardet, en su libro *Creando ciudades sostenibles*, manifiesta que “la mayoría de los pueblos creció y prosperó asegurándose el suministro de alimentos y productos forestales de los campos circundantes, aprovechando la fertilidad de su región tributaria local. Actualmente no vivimos en una civilización, sino en una movilización de recursos naturales, personas y productos” (Girardet, 2001).

Los problemas de la incidencia de la ciudad sobre su entorno y sobre las propias condiciones de vida de sus habitantes, según ha expuesto José Manuel Naredo (1999), han originado problemas ambientales sin precedentes en dimensión y características. De allí la importancia de reflexionar sobre los rasgos esenciales de la configuración y funcionamiento de los sistemas urbanos actuales para poder modelizarlos y reorientarlos. Todo ello requiere disponer de un aparato conceptual y del marco institucional necesario para hacerlo.

La actual anatomía de las conurbaciones, explica el propio Naredo (1999), se caracteriza por la extensión horizontal en el trazado de la ciudad y de las diferentes infraestructuras necesarias para conectarlas, rompiéndose con la idea primitiva de unidad en el trazado y llegando a lo que el autor denomina “gigantismo sin forma”. En lo que respecta a la fisiología de las conurbaciones, continúa Naredo, es preciso destacar que para su funcionamiento hay una demanda energética con base en recursos no renovables, generando además una gran cantidad de residuos no susceptibles del reciclaje y orientados a actividades que redujeran la insostenibilidad. De donde se deduce, que ni los recursos utilizados en el desarrollo energético del momento, ni las actividades mediante las cuales se pudieran

utilizar dichos residuos, generarían sostenibilidad urbana (Naredo, 1999).

En línea similar, Mathis Wackernagel *et al* (1999) señalan que "la batalla por la sostenibilidad se ganará o se perderá en las ciudades". Se refieren al hecho de que si bien las ciudades constituyen las más grandes generadoras de producción económica y de crecimiento, son a la vez las mayores consumidoras de recursos y productoras de desechos. Se genera de esta forma una segregación y un conflicto entre la vida urbana y los espacios naturales y rurales, expresión rotunda de la insostenibilidad del sistema territorial.

No obstante los países crecen en forma distinta, tanto en relación al grado de urbanización como al ritmo de desarrollo urbano. El Reino Unido, por ejemplo, ya mostraba en 1890 una población urbana del 60%, llegando al 93 % un siglo después, mientras que muchos países de Europa continental aún oscilan entre un 20 y un 30 % en 1890 y sólo alcanzan un 70 a 80% en 1990 (Vinuesa & Vidal, 1991). El contraste, se hace mayor si se consideran las distintas zonas del mundo.

En África, los países del Magreb han pasado de tener una población urbana de 29,6% en 1960 a 49,1% en 1990, y los países más australes, de un 45% a un 55%, mientras que en el resto del continente el promedio muestra un aumento desde casi un 15% a un poco más de un 20%. Asia, con un poco más de un 58% de la población mundial, presenta un crecimiento moderado pasando de una media de 21,5% a 30% entre 1960 y 1990 con grandes contrastes como son Japón con cerca del 80% de población urbana frente a China con 21,4% e India con 28%. América del Sur y América Central pasan en el mismo período, 1960-1990, de un 51,7% a casi un 75%. Entre tanto, Europa, América del Norte y Oceanía, en el mismo período aumentan de 60,9% a 73,1% (García *et al.*, 1995).

En la segunda mitad del siglo XX la población urbana de las regiones menos desarrolladas pasó de un poco más de 300 millones de habitantes a cerca de 2.000, con un ritmo de crecimiento del 3,8% anual, superando al de la población total de 2,12% (Vinuesa y García, 2007). Situación que como señalan Vinuesa y García constituye un proceso territorial que puede vincularse a ciertos modelos de desarrollo que tienden a priorizar la eficiencia económica; también es cierto que generan graves conflictos relacionados con la concentración espacial de la población, como son, entre otros, la presión por el uso del suelo, déficit de suelos, de infraestructuras, de equipamientos y servicios sociales. De lo que se deduce que el problema más que en el volumen de la población, radica en la ocupación desordenada de grandes extensiones de tierra (Vinuesa y García, 2006).

Para poder alcanzar el desarrollo urbano sostenible las ciudades y sus áreas metropolitanas han de ser tratadas como un todo, su economía, infraestructura, arquitectura, redes sociales, realidades culturales y base medioambiental. Avanzar hacia el desarrollo sostenible exige un proceso de gestión que permita tomar mejores decisiones, que involucren el crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ambiental. Es necesario formalizar acuerdos entre diferentes actores, los cuales serán más equitativos en la medida en que se conozcan el valor de los elementos, recursos y productos de un área, las ventajas comparativas y la competitividad de las distintas regiones (Girardet, 2001).

Las formas vigentes de organizar la vida en las ciudades no son sostenibles, advierte Girardet; la única esperanza es una transición. Transición que puede orientarse a través de los planteamientos del modelo de ciudad compacta y limitada en su expansión (al estilo de las tradicionales ciudades mediterráneas), que es más eficiente desde el punto de vista medioambiental que la dispersión suburbana.

1.6.2 Relación Campo-Ciudad

El dinamismo urbano se produjo, inicialmente, en estrecha alianza con la industria; hoy se asocia a los servicios productivos, que siguen atrayendo a la población desde las áreas rurales a las ciudades, lo que a la vez se ha traducido en mejoras tecnológicas y capitalización del campo en los países desarrollados. Lo contrario suele ocurrir con el crecimiento de las ciudades de los países en vía de desarrollo, con una huida del campo a la ciudad, pero éstas no desarrollan actividades productivas a la altura de tales desplazamientos, generándose servicios no productivos junto a actividades económicas sumergidas y una creciente población marginal, como lo prueban los asentamientos informales en las grandes ciudades de dichos países (García *et al.*, 1995).

Hasta finales del siglo XX, el espacio rural fue considerado como sinónimo de espacio agrario, y las funciones básicas agrarias y forestales que hace treinta años fueron definitorias del espacio rural aún ocupan amplias áreas; pero su aportación al Producto Interno Bruto (PIB) de los países desarrollados es muy pequeña: 3% en el Reino Unido y Japón, 4% en los Países Bajos, 2,7% en Alemania y 2% en Estados Unidos.

Hace casi dos décadas, Robinson, en un trabajo clásico, llamaba la atención sobre la multifuncionalidad de las áreas rurales: “En los países desarrollados donde la densidad de población urbana es muy alta, el espacio rural muestra una amplia variedad de usos y no sólo es la producción agrícola la actividad económica. El espacio rural es un complemento del espacio urbano, por lo que las diferencias son cada vez menos palpables. Además de la descentralización de la residencia, se encuentran actividades productivas como la industria y los servicios,

principalmente los relacionados con el ocio que requiere de grandes espacios. La infraestructura y el acercamiento en distancia permiten una mayor integración del territorio” (Robinson, 1990).

En los países subdesarrollados, el modelo es muy distinto; el espacio es dual. Hay una clara diferencia entre la organización de las actividades económicas de intercambio en el marco del mercado internacional y las orientadas al consumo local. Los espacios están delimitados según su orientación tanto en la ciudad como en el campo. En el caso de la producción comercial de vocación exportadora, el uso del suelo se organiza según el funcionamiento del mercado internacional.

La ciudad tiene determinadas funciones en el territorio donde está asentada. Se abastece de alimentos y materias primas provenientes del campo y le ofrece a éste a cambio, servicios especializados y productos industriales. Se abastece desde afuera, no se basta para su aprovisionamiento. La ciudad se caracteriza por la actividad no agrícola, mientras que en el campo dominan las actividades agrícolas, ganaderas y la explotación de los bosques. La ciudad es el centro neurálgico de su región, a la que organiza. Cada ciudad está estrechamente interrelacionada con el espacio rural que la rodea.

Las primeras ciudades, como las localizadas en Mesopotamia y Egipto, mantenían la relación simbiótica con la agricultura propia de las aldeas. Estas ciudades heredaron muchas de las características de las aldeas originales, pues, en esencia, seguían siendo ciudades agrícolas: la principal fuente de suministro alimentario estaba en los campos circundantes; así, hasta que los medios de transporte no mejoraron considerablemente y los sistemas de gestión centralizada no se desarrollaron, no pudieron crecer más allá de los límites que marcaban sus suministros de agua y sus recursos alimenticios locales (Mumford, 1956). Hoy no sucede lo mismo; las ciudades parecen crecer sin esos

límites cruzando las fronteras, consumiendo territorios externos a los propios en donde las conurbaciones se apropian de sus recursos sin importar las distancias, los costos y la energía que ello demanda.

En la actualidad, sobre todo en los países desarrollados, pero de forma creciente también en los países en vías de desarrollo, se aprecia un cambio en la funcionalidad de las ciudades que inciden en las transformaciones del medio rural, el cual debe adaptarse para atender las nuevas demandas, generando una dinámica propia en cada ruralidad, mediada por las condiciones ambientales, los aspectos económicos, sociales y políticos de la localidad.

En ese contexto, al medio rural se le ha asignado el sostenimiento de las poblaciones urbanas en términos de generación de bienes y servicios ambientales, requeridos para su desarrollo y calidad de vida. En la nueva concepción de lo rural se destaca la perspectiva territorial, que implica una mejor comprensión de las demás dimensiones del problema rural, la relación con el entorno natural y la co-dependencia de los sistemas naturales y los sistemas rurales, haciéndose mucho más claro el análisis cuando la dimensión espacial y la introducción de flujos entre los sistemas rurales y los ecosistemas forman parte de lo rural. La territorialidad incluye también la mayor integración entre lo urbano y lo rural y la necesidad de hacer más difusa su separación. Esa misma espacialidad en el análisis es la que permite una mejor visualización de los flujos de doble sentido que se dan entre el sistema rural y la ciudad.

Pérez y Farah (2003) formulan dentro de esta renovada perspectiva de lo rural una serie de funciones de los espacios rurales que plantean aspectos centrales en este ejercicio de mirar lo rural desde la complejidad. Entre tales funciones se destacan las de ser proveedor o amortiguador en lo ecológico y en lo paisajístico, y la de proveer de agua, esparcimiento, alimento, o materias primas para la industria.

La cohesión social y la vertebración territorial como base para el acceso de todos los ciudadanos a los servicios públicos, a las infraestructuras, al conocimiento y a las oportunidades de desarrollo individual y colectivo, son objetivos fundamentales de la ordenación del territorio a nivel regional, que debe permitir avanzar hacia el desarrollo sostenible (III Congreso Internacional del Territorio, 2001). En el mismo sentido la *Estrategia Territorial Europea* (ETE) plantea que el desarrollo territorial y urbano más sostenible debe ser compatible con una mayor competitividad territorial y con una mayor cohesión económica, social y espacial (Comisión Europea, 1999).

1.6.3 El agua como capital natural crítico

Noël y O'Connor (1998) definieron hace años el capital natural crítico (CNC) como el conjunto de recursos medioambientales que a una escala geográfica dada asegura funciones medioambientales importantes para las cuales no existe ningún sustituto en términos de capital manufacturado o humano. Para Cherni (2004, citado por Lopera, 2005), el CNC es el responsable de las importantes funciones medioambientales de sumidero, fuente, apoyo de vida y salud y bienestar humano, que no pueden ser sustituidas por el capital industrial u otro tipo de capital y utiliza los recursos medioambientales de aire, agua, tierra y hábitat (Lopera, 2005).

El grado de "criticidad" puede estar en función del estado de conservación / uso del recurso y del interés inter e intrageneracional de conservar o usar un determinado recurso, ecosistema o especie, es decir, un stock presente de naturaleza que admite algún grado de explotación.

Para calificar un bien o servicio ecosistémico como crítico, Cherni (2004) propone dos tipos de criticidad según se asuma una perspectiva antropocéntrica o ecocéntrica. La perspectiva ecocéntrica prescinde en gran parte del análisis económico y se ocupa de qué ecosistemas son los más importantes para mantener la integridad medioambiental de los procesos ecológicos. La perspectiva antropocéntrica, por su parte, se ocupa de qué servicios del ecosistema son los más importantes para el mantenimiento de la economía y el bienestar humanos. Estas dos perspectivas, expone, se conjugan para expresar el grado de criticidad que en último término depende de criterios ecológicos, económicos, políticos y sociales.

Conforme a lo anterior el agua constituye una parte del capital natural crítico de la biosfera en su conjunto, especialmente si se considera la cantidad disponible de agua dulce y el flujo constante de servicios ecosistémicos imputables a este recurso esencial que sirve de fuente, sumidero, y otro amplio conjunto de funciones de soporte a la vida y al bienestar humano (recreación, amenidades paisajísticas, regulación climática, soporte de la biodiversidad, aporte de oxígeno, entre otras). No se trata indiscutiblemente de un recurso escaso en términos absolutos, de hecho el 75% de la superficie del planeta está cubierta de agua; se trata de un problema de distribución, calidad y accesibilidad al agua potable, en función de la creciente privatización de los servicios básicos, especialmente en las ciudades a nivel mundial (Agudelo, 2007).

Hasta mediados del siglo XIX, los emplazamientos que contaban con corrientes de agua aprovechables energéticamente y que habían constituido el asentamiento habitual de la industria, mantuvieron este atractivo para las industrias; pero, con la llegada del ferrocarril, la industria se agrupó en las ciudades con el fin de beneficiarse del excedente de mano de obra. A partir de este fenómeno los recursos naturales son

sobreexplotados y crece la demanda del agua potable que debe ser abastecida desde lugares externos a la ubicación de los asentamientos.

El capital natural del que depende ecológicamente la ciudad y en parte su sostenibilidad económica se ubica por fuera de sus límites territoriales, en el espacio global de la biosfera, en cualquier lugar del planeta por obra y gracia del comercio y/o en una región tributaria (Girardet, 2001), conforme a cual sea el nivel de consumo de la población.

Se considera que el capital natural crítico urbano está conformado por los bienes y servicios de baja sustituibilidad ecológica y social. Como ejemplo se citan los servicios esenciales del agua y la regulación hidrológica de los ecosistemas, aquellos bienes esenciales como la provisión de alimentos, de paisajes con bellezas escénicas, la captura de gases de efecto invernadero, la producción de oxígeno, la depuración de contaminantes atmosféricos e hídricos, la biodiversidad.

“No existirá un mundo sostenible sin ciudades sostenibles”. El destino del ser humano está íntimamente ligado al éxito o fracaso de los lugares en que vive; muchos pueblos o ciudades se han mantenido de generación en generación y otros se han extinguido tras devastar su entorno local, del que extraían sus recursos, o tras cataclismos sociales o guerras. En este momento en que la mayoría de la humanidad se está volviendo urbanizada resulta decisivo aprender de la historia y asegurarse de que nuestros asentamientos sean socialmente justos, participativos y económicamente viables y ambientalmente sostenibles (Girardet, 2001).

Sin lugar a dudas el agua es el bien más importante que los ecosistemas ofrecen para el consumo doméstico, las actividades agropecuarias e industriales. Año tras año los seres humanos extraen 4.000 km³ de agua, lo que corresponde al 20% del caudal normal de los ríos del mundo (su “caudal base”, no de crecida) (Shiklomanov, 1997). En el período comprendido entre 1990 y 1995 estas extracciones aumentaron en más

de seis veces, lo cual equivale a más del doble de la tasa de crecimiento poblacional (WMO, 1997).

1.6.4 Bienes y servicios ambientales

El concepto de bienes ambientales hace referencia a “la producción de alimentos y materias primas, cuyos productos pueden ser mercadeados de forma convencional” (EcoSecurities Group Ltd, 2005; INBio, 2006). Algunos expertos señalan que el concepto de servicios ambientales carece todavía de una definición acordada, razón por la cual en la literatura se encuentran varias acepciones sobre el mismo. Daily *et al.* (1997) consideran que los “verdaderos” servicios son los denominados “servicios ecosistémicos”, explican que es “la variedad de condiciones y procesos de los ecosistemas y sus componentes los que ayudan a mantener y satisfacer la vida humana”, diferenciándose así de la interpretación del término bienes y servicios ambientales que se usa en muchos acuerdos de liberalización comercial entre países (MEA, 2005), y de una definición de carácter más utilitarista, como la planteada por Nasi y Campos (2002): “el producto de las funciones de los ecosistemas que benefician a los seres humanos” o “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, aunque actualmente no tengan mercados propiamente establecidos”.

Así las cosas, los bienes y servicios ambientales representan los beneficios que las poblaciones obtienen directa o indirectamente de las funciones ecosistémicas. De esta manera las funciones ecosistémicas se refieren indistintamente al hábitat, a propiedades biológicas del sistema o servicio ambiental. En este sentido se puede reconocer la importancia que los bienes y servicios ambientales tienen para la humanidad y la incidencia de éstos en la economía, dado que la misma podría detenerse gradualmente sin los servicios que prestan los ecosistemas (Costanza *et al.*, 1997).

Un bien ambiental se caracteriza desde el punto de vista económico porque se ha formado como tal y tiene un precio en el mercado, aun cuando este precio no considere externalidades que teóricamente podrían incrementar el precio del bien al interiorizar factores como consumo material y deterioro ambiental causado por la producción, transporte, consumo y reciclaje del bien o suministro (Agudelo, 2000).

Los servicios ambientales constituyen las condiciones y procesos de los ecosistemas naturales que son de utilidad a diferentes propósitos humanos, y cuyo deterioro afecta a las generaciones futuras en su propio proceso de reproducción y bienestar. Dentro de dichos servicios se destacan la regulación hídrica, la depuración de las fuentes de agua, los sumideros de carbono, la seguridad alimentaria y los escenarios paisajísticos. Los servicios, a diferencia de los bienes, carecen de precio en el mercado, pero se les reconoce un valor no monetario (Agudelo, 2003).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) clasifica en cuatro grupos los servicios: provisión (alimentos, madera y fibras); regulación (del clima, inundaciones, enfermedades y calidad del agua); culturales (valores espirituales, estéticos, recreación y educación) y de apoyo (formación de suelos, producción primaria y reciclaje de nutrientes). La sociedad hace uso de los cuatro tipos de servicios y el uso de uno puede influir en la disponibilidad de otro, incluso compitiendo. El caso, por ejemplo, de la producción de alimentos a partir de la agricultura, ha llevado a eliminar bosques en detrimento de servicios de regulación y otros servicios de provisión como el abastecimiento de madera. Además, si bien los servicios ambientales pueden darse en diversos ecosistemas, no necesariamente todos estos los ofrecen de la misma calidad o cantidad en todas partes (Campos *et al.*, 2005).

Costa Rica en América Latina es líder en el asunto de servicios ambientales. Este país adoptó dentro de su legislación (Ley Forestal de

1996), la valoración e incorporación a las cuentas nacionales de los servicios ambientales producidos por el bosque y la vegetación en general, identificando cuatro de ellos como vitales, (Tattenbach, 1998; Rosa *et al.* 1999; Cuellar *et al.* 1999; INBio, 2006), estos son:

- Protección de agua para consumo humano y/o generación hidroeléctrica
- Protección de biodiversidad con fines de uso sostenible
- Mantenimiento de la belleza escénica natural para fines turísticos y científicos
- Captura de carbono y contribución para resolver el problema del cambio climático (mitigación de gases de efecto invernadero).

El ejemplo de Costa Rica representa una iniciativa acertada para el resto de las naciones latinoamericanas que comienzan a valorar los servicios que ofrecen los ecosistemas, en especial porque constituye una opción económica sobre todo por las posibilidades que ofrece la explotación financiera de ciertos servicios vinculados con sus recursos naturales y ambientales (Azqueta & Sotelsek, 1999).

Valorar los servicios ecosistémicos implica determinar la diferencia en el bienestar del ser humano como resultado de pequeños cambios en los servicios ambientales. Dichos cambios tienen un valor económico en la medida en que aumentan o disminuyen los beneficios asociados con actividades humanas o según cambien los costos económicos de estas actividades. De esta manera, los cambios en los beneficios y costos tienen impactos sobre el bienestar de la sociedad, por medio de los mercados existentes o por las actividades que no se transan en ningún mercado.

Para valorar los cambios marginales en la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos, el análisis económico propone el criterio de

disposición a pagar de los individuos por los servicios ecosistémicos, como medida del cambio en el valor de estos servicios.

La disposición a pagar como enfoque experimental tiene como objeto la construcción de un mercado hipotético de los cambios en la oferta de bienes y servicios ambientales. Este mercado se construye mediante consultas a individuos relevantes sobre lo que estarían dispuestos a pagar o a recibir por la conservación o intervención de un recurso natural o ambiental, o por las mejoras o deterioros en la calidad ambiental de los recursos. Con esta metodología se obtendría la utilidad marginal que reporta la utilización o consumo de una unidad adicional del servicio en cuestión. Pese a que esta medida no refleja el valor del servicio ecosistémico, pues subestima el valor generado por el flujo de servicios de los ecosistemas, permite establecer argumentos para la toma de decisiones de política ambiental.

Existen muchas críticas a este sistema de valoración; algunos plantean que los ecosistemas son invaluableles por su valor infinito de sostener la vida humana. Otros señalan que el concepto de utilidad marginal es decreciente y está estrechamente relacionado con la disposición a pagar y el principio utilitarista sobre la menor satisfacción a mayor consumo de servicio, por lo que la medida no representaría los valores asignados a las primeras unidades consumidas, que serían las más importantes para el sostenimiento del bienestar humano, subestimando así el valor de los servicios ecosistémicos.

Agudelo (2000), siguiendo a Sefaray (1998), plantea que la representación de la disposición a pagar por un servicio ecosistémico requiere de análisis en un contexto dinámico, en la medida en que cuanto más deteriorado esté el ecosistema mayor tendrá que ser la disposición a pagar, dada la escasez del servicio. Sefaray (1998) demuestra esta idea a partir de un análisis de oferta y demanda, de un servicio ambiental con

varias curvas de demanda, que se generan a medida que el servicio o bien ofrecido por el ecosistema se hace más escaso, en consecuencia más valioso.

Otra forma de indagar sobre los valores sociales se aborda mediante el enfoque económico llamado análisis costo-beneficio, el cual centra sus criterios esenciales sobre la fuente de valor a partir de la base ética y filosófica planteada por el utilitarismo.

Para el sector público el análisis de costo-beneficio es lo que constituye el estado de pérdidas y ganancias para una compañía de negocios. Ésta es una herramienta para ayudar a la toma de decisiones públicas, realizada desde el beneficio de la sociedad en general y no desde el interés individual. Este tipo de análisis se aplica frecuentemente a políticas y programas que tienen tipos de productos fuera del mercado como por ejemplo la mejora de la calidad ambiental (Field y Azqueta, 1996).

El análisis costo-beneficio se ha desarrollado por dos vías entrelazadas, la de la técnica para producir los mejores datos y con ello el campo de acción, y la de la política y la administración a través de la producción de reglas y procedimientos que rigen el uso del análisis costo-beneficio para la toma de decisiones en el sector público. Procedimientos que se han modificado a medida que se ha desarrollado y ha evolucionado éste análisis. El papel del análisis costo-beneficio en los recursos naturales públicos para la toma de decisiones ambientales ha causado controversias y discusiones de orden político y administrativo. No obstante en la actualidad este análisis es la principal herramienta para la evaluación económica de programas públicos en la administración de recursos naturales.

El análisis costo-beneficio pretende determinar en términos monetarios la ganancia o pérdida de satisfacción para disímiles grupos, de diferente bienestar, a partir de cada una de las alternativas, que bien pueden ser

proyectos, acciones o políticas. Para cada alternativa se suman las ganancias y se deducen las pérdidas y luego se comparan los beneficios netos entre dichas alternativas. Es de anotar que el análisis costo-beneficio no discrimina entre las valoraciones de los diferentes individuos de la sociedad, por lo que todos los ciudadanos tienen la misma participación en la valoración. En este sentido ese enfoque recibe críticas al no considerar diferencias de niveles de conciencia, educación o más información sobre el medio ambiente.

Un criterio que utiliza el análisis costo-beneficio para remediar, en cierto modo, esta ausencia de equidad, es la incorporación de la intertemporalidad de las decisiones políticas, que se asegura a partir de la introducción de la tasa de descuento social.

La tasa de descuento aborda el problema de cómo comparar los costos y los beneficios que ocurren en dos puntos muy diferentes en el tiempo. Cómo comparar dos programas, uno con beneficios netos relativamente altos que se materializan en un futuro lejano y otro con menos beneficios netos que sucederá en un futuro cercano. Esta técnica para agregar y comparar los costos y beneficios que ocurren en diferentes tiempos, posee dos facetas: la mecánica para realizarlo y el razonamiento que fundamenta la selección de tasas de descuento por utilizar en casos específicos.

Un costo que ocurrirá en 10 años a partir de la fecha no tiene el mismo significado en la actualidad que un costo que ocurre hoy. El valor presente se obtiene al descontar el costo futuro durante el periodo de 10 años a una tasa de interés, ahora llamada tasa de descuento; si esta tasa hoy es mayor, entonces el valor presente será menor.

Una tasa de descuento social baja puede llegar a significar mayor preocupación por el bienestar de las futuras generaciones, a la vez que

posibilita generar desestímulos a la sobreutilización de los ecosistemas naturales y con esto garantizar algún nivel de equilibrio en la provisión de servicios ambientales.

El análisis costo-beneficio, aun con sus imperfecciones para incorporar los valores de uso y no uso, se basa en un criterio de satisfacción individual, el cual sirve para determinar valores económicos de los servicios ecosistémicos, que permiten tener información para la toma de decisiones en cuanto usos, manejo y conservación de los recursos naturales, así para la sociedad estos valores sean subestimados con relación a su valor verdadero. De esta manera las consideraciones éticas y los juicios de valor pueden conjugarse con resultados de estudios que utilicen este enfoque para calcular valores de la naturaleza y así obtener un criterio más consolidado para la toma de decisiones (Correa, 2000).

1.6.5 El valor del agua

Los recursos naturales, a diferencia de otros activos, se caracterizan por crear dificultades para el funcionamiento eficiente de un sistema de precios. Los efectos externos que produce un recurso natural se manifiestan en su explotación y posterior consumo; y en la medida que escasea su efecto externo, es más crítico dicho funcionamiento (Martínez y Tobarra, 2000).

En la economía de mercado, la identificación de un recurso conlleva la asignación de un precio; otros elementos no se consideran útiles, por lo que se desprecian.

En este contexto la identificación del recurso como unidad de valor ha llevado al desconocimiento del aporte económico del sistema en su conjunto, razón por la cual tradicionalmente se han extraído los

recursos de la naturaleza sin atender la única exigencia que hace la naturaleza, que es la de ser conservada como tal. Eso conduce al desequilibrio de la mayoría de estos sistemas vinculados a la producción económica y a la sustitución cada vez mayor de elementos del sistema natural por insumos artificiales externos, implicando un aumento en los costos de extracción o producción de recursos.

El resultado más frecuente de todo ello es el deterioro del medio natural. En países como Colombia, caracterizado por un desarrollo desigual, este fenómeno se encuentra ligado a una reducción de la capacidad adquisitiva de los grupos sociales relacionados directamente con la producción y la expulsión de aquellos grupos que dependen de ecosistemas o de servicios ambientales que han sido desplazados para privilegiar otros recursos o sistemas (Pombo, 1994).

El agua históricamente se ha considerado como bien público, casi gratuito, y al no hacer explícito su valor en el mercado se generan fallas en términos económicos que perjudican su manejo.

Si el agua existe en la región que habitamos y considerando que se hace uso de la misma para consumo y para abastecer los hogares y fábricas, así como para uso lúdico o disfrute, y que otra parte se contamina; entonces en la medida en que más contaminemos menos agua tendremos. La cantidad de agua disponible, menos lo que usemos en consumo, en usos lúdicos y que contaminemos, será el stock de agua que poseemos para aumentar la actividad en el futuro (Soler, 1997).

Aparece entonces un conflicto de intereses ya que el recurso agua no es infinito ni suficiente para satisfacer bien sea ahora o en el futuro; se busca entonces intentar definir las cantidades de agua que deben destinarse a

consumo, contaminación, uso lúdico y stock, si es posible para satisfacer al mayor número de personas posibles.

De esta forma aparecen demandas de ocurrencia y se puede establecer un mercado y con él la ley de la oferta y la demanda, lo que supone un precio para cada uso. En este sentido nos involucramos en una actividad económica donde existen dos grandes actores: los que producen bienes y servicios y por tanto los que venden a los consumidores, quienes disponen de dinero para comprar estos bienes y servicios. Tanto productores como consumidores consumen parte del medio natural, en este caso agua. Igualmente contaminan y lo desean como medio lúdico, de esparcimiento y recreo, lo cual a través del turismo y diversión organizada es también un servicio prestado (Soler, 1997).

Las existencias de agua son un capital que, sumado el valor de los componentes del medio abiótico y biótico, constituyen un capital natural. El capital recurso podrá ser renovable o no, en la medida en que se regenere en la escala de la vida humana. El agua de un acuífero es no renovable a escala de un individuo, si se hace una extracción de tipo minero hasta el agotamiento; y es renovable y será sostenible si se mantiene un equilibrio entre el agua que se extrae del acuífero y la que entra de forma tal que se puede utilizar indefinidamente.

Se dispone de una cantidad de agua limitada o de recursos para utilizar. Si este capital se divide por el número de personas que tiene derecho a acceder a él se obtendría una riqueza per cápita. Sin embargo, como el agua es un bien público sólo se puede tener de ella una concesión, a diferencia del suelo, por ejemplo, que es de propiedad privada.

Al agua por concesión o por otra vía se le puede aplicar la ley de la oferta y la demanda, con lo que aparece el sistema de control, que es el precio. Si el recurso es escaso y la demanda alta, el precio sube y la demanda

baja. Por el contrario, un bien público no está sometido a este control, pudiendo existir otros medios de control del uso (Soler, 1997).

Quien más contamina el agua traslada el precio del tratamiento de la depuración al usuario, que está obligado a depurarla previamente a la utilización, si no existe un sistema general de tratamiento, o, a otros ciudadanos en caso de que no se discrimine cantidad aportada por cada contaminador.

Este traslado de coste de tratamiento a otro u otros o la inutilización del uso lúdico que la contaminación y el consumo suponen se denomina externalidad. La externalidad generalizada supone el beneficio de algunos a costa de un incremento de coste o de una disminución de disfrute de los otros.

La externalidad citada resulta de la utilización del recurso, pero esta utilización puede además tener consecuencias derivadas que, a su vez, generan externalidades asociadas. Por ejemplo, la implementación de sistemas de riego disminuye los aportes a los ríos, provocando a su vez pérdidas en la pesca por aumento de la salinidad; primera externalidad que podría ser pagada por los pescadores y los consumidores de dicho pescado. Pero si el agua baja de nivel, aparecen tormentas de polvo que afectan la salud humana de los habitantes y las estructuras existentes. De esta manera surgen externalidades en cadena.

Lo anterior indica que una sobreexplotación no llevará a un máximo de beneficios; la sobreproducción hará bajar el precio y, por el contrario, conseguirá una disminución y pérdida posterior del recurso. Un exceso de demanda, no reparará en el precio de un recurso escaso hasta agotarlo. Situación ésta que se presenta en los recursos de libre acceso y uso, por el cual se llega al agotamiento y disponibilidad sin guardar nada para el futuro.

En términos generales, la conservación de un bien para el futuro introduce el tiempo y la valoración de la actividad económica actual y la futura, aspecto que conduce al concepto de valor actual de las cosas y de tasa de descuento. Con ésta se evalúan los costos o beneficios futuros actualizándolos al día de hoy. Además, los costos de capitales se admiten a su valor original de oportunidades, el cual puede ser el beneficio a obtener, en forma de interés del capital invertido, en la mejor alternativa de inversión disponible (Soler, 1997).

Teóricamente, el costo o beneficio marginal de oportunidad de un capital a invertir debe ser igual en el futuro al valor actual. Si la tasa de descuento es excesivamente alta se tiende a agotar el recurso natural afectado; de la misma manera ocurre si se trata un bien de libre acceso.

Toda actividad tiene un riesgo en el futuro; esto es lo que se denomina incertidumbre, pero además habrá incertidumbre en los costos y en los precios futuros. La incertidumbre entonces tiende a aumentar la tasa de descuento.

Como factor de producción, el agua ha adquirido valor de mercado obtenido por su uso; sin embargo, el pago efectuado no ha sido el correspondiente a su verdadero valor como bien escaso, razón por la cual se presenta la ineficiencia y el despilfarro en el uso y consumo del mismo.

Como bien económico el agua no existe en cantidades ilimitadas para atender los usos potenciales. Es necesario gestionar el recurso también desde la demanda, de forma tal que sea sensible a los precios, al mejor uso y a la disponibilidad (Martínez & Tobarra, 2000).

Para dar un valor al agua se debe distinguir entre valor de uso y de no uso. El valor total de uso puede ser directo, indirecto o de opción, lo cual va ligado al uso que se pueda hacer, pero además se le puede asignar un valor intrínseco o de existencia que tiene que ser de aceptación general.

Se puede dar un valor total que sea la sumatoria del total de uso y el intrínseco, diferente al precio de opción, que es igual a la suma del valor de opción más la esperanza de excedente del consumidor o riesgo frente a la disponibilidad futura del agua.

El agua para abastecimiento urbano incluye usos diferentes: cocina, limpieza general, industria, comercio, servicios públicos, entre otros. Para cada uno de estos, los valores serán diferentes, razón por la cual se fija el precio a partir de los costos de infraestructura, explotación y administración de todo o de parte del ciclo del agua. Sin embargo, a éste escapa el factor tiempo de la demanda urbana; los consumos varían en las diferentes épocas del año.

El valor que cualquiera le da al agua se fundamenta en el bienestar y la satisfacción que obtendrá por su uso. En esta valoración se deberá incluir lo correspondiente a no-utilización, agua disponible que además aporta valor.

Se pueden otorgar distintos valores al agua: el valor de uso actual se define como la adición de los valores de uso directo y uso indirecto. El valor de opción será el equivalente a la reserva de uso. De la suma del valor de opción se obtiene el valor total de uso. La existencia del agua también puede valorarse y se llamaría valor intrínseco. Se podría definir el valor total como la suma del total de uso en el intrínseco. El precio de opción se define con el anterior valor de opción más el excedente que del uso puede obtener el usurario.

El uso del recurso hídrico y el aprovechamiento de fuentes lejanas desde una óptica regional es un aspecto ignorado en el manejo del agua. Esto se aprecia cuando establecidos los requerimientos de agua para una zona, agrícola o urbana, se satisfacen las demandas sin importar de donde hay que traerla.

La demanda de agua parece estar relacionada con los precios al menos dentro de unos límites. Pagar un precio por el agua hace que los individuos sean algo más responsables en su demanda. Por el contrario, cuando el precio es muy bajo, hay una tendencia por parte de los usuarios a gastar más cantidad de agua de la necesaria (Figueroa, 2003, citado por Lamela *et al.*, 2006).

De acuerdo con Lamela *et al.* (2006) y con un enfoque geoísta¹, una directriz referente al precio del agua podría ser clave si se pretende que la gestión del agua en un futuro sea eficiente y alcance los niveles apropiados. La tendencia y los históricos señalan que una gestión eficaz del agua no es viable sin la implementación de precios al agua, independiente de que el servicio lo gestione el sector público o privado.

Larbi (2005) considera que la medida de aumentar los precios para frenar el consumo de agua tendría efectos sólo sobre las naciones más empobrecidas, donde los habitantes no tendrían la capacidad de acceder al agua con las nuevas tarifas. Arguye que en aquellos países que poseen más medios económicos no se verían disuadidos por un alza en las tarifas y por tanto, no se evitaría el despilfarro. No obstante, algunos estudios muestran su viabilidad y las ventajas de la adopción de precios eficientes para el uso en el agua. En ciudades de características tan disímiles como Vancouver, Los Ángeles, Manila, e Hyderabad, se ha demostrado que la implementación de los precios eficientes incrementa la seguridad de acceso al agua por parte de la sociedad, a la vez que fomenta la conservación del recurso (Renzetti, 2005); así mismo, se tienen casos donde el incremento en el precio del agua, unido a otras medidas, disminuye el consumo, como en Grecia por ejemplo, entre finales de la

¹ Entendido como una propuesta de disciplina y práctica profesional que busca contribuir a ordenar territorialmente, en primer lugar, el Planeta en su conjunto, dando respuestas a los problemas globales a través de directrices e indicadores mundiales, y en segundo lugar, a partes del mismo influyendo en la planificación supramunicipal que considera a aquellas directrices y que se evaluarían respecto a tales indicadores. (Lamela, 2007. Estrategias para la tierra y el espacio: Geoísmo y Cosmoísmo; 20).

década de 1980 y principios de la década de los 90, donde además del aumento en el precio, se desarrollaron campañas para conciliar con los habitantes y se penalizó el consumo excesivo. Con estas medidas se logró una reducción del consumo doméstico del 30%.

En cuanto al valor del agua, se requiere que se valore como se hace con otros bienes; actuar sobre la escasez, definir un marco legal y trasladar su valor al mercado de tal forma que la demanda responda a los precios e incluya la disponibilidad del recurso (Martínez & Tobarra, 2000).

El asunto del agua requiere, pues, gestión desde una perspectiva integradora que incorpore las dimensiones social, económica, ecológica y ambiental, desde los postulados del desarrollo sostenible. Ahí radica el reto de una verdadera política del agua enraizada e implicada en la definición del modelo territorial.

1.6.6 Agua y ordenación del territorio

La Carta Europea de Ordenación del Territorio (CEOT), aprobada por la Conferencia Europea de Ministros de Ordenación del Territorio (CEMAT) el 23 de mayo de 1983, define la ordenación del territorio como “expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad”. Establece como meta común la calidad de vida de los ciudadanos, concretamente conforme a los siguientes objetivos fundamentales de la planificación territorial:

- El desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, mediante iniciativas tendentes a la eliminación de las grandes diferencias de nivel de vida.

- La mejora de la calidad de vida, que se concreta, entre otros aspectos, en una mayor accesibilidad de la población a los equipamientos colectivos de todo tipo y en la mejora de las infraestructuras.
- La gestión responsable de los recursos naturales y la protección del medio natural que hagan compatible la satisfacción de las necesidades crecientes de recursos y su conservación, así como el respeto a las particularidades propias de cada territorio expresadas en sus formas de vida.
- Utilización racional y equilibrada del territorio, estableciendo los usos aceptables o que deben potenciarse en cada tipo de suelo, creando redes de infraestructuras adecuadas y fomentando incluso, con medidas incentivadoras, aquellas actuaciones dirigidas al fortalecimiento del espíritu comunitario.

La relación entre el agua y el territorio suscita un creciente interés y conduce a debates y conflictos sociales intensos y persistentes. Este hecho obedece en buena medida la presencia del agua en todas las actividades productivas y de reproducción social, por su función básica en los sistemas naturales, independientemente de su abundancia o escasez relativa, por su valor simbólico, cargado de significados culturales e identitarios, y por las implicaciones de todos estos factores en la distribución social del riesgo y del poder. Todo ello hace compleja y profunda la significación territorial del debate sobre el agua (Del Moral, 2008).

El principal problema, como señala Víctor Peñas (2006), radica en la falta de previsión y coordinación entre los usos que se asignan al territorio y la disponibilidad de agua en aquel. De ahí el necesario compromiso de cooperación de la planificación hidráulica con la ordenación del territorio; no es posible seguir modelos territoriales que desconozcan la oferta

hídrica del territorio o mantener el desarrollo socioeconómico de una región a costa de la sobreexplotación de otras en términos hídricos hasta límites insostenibles (Peñas, 2006).

De acuerdo con Montilla (2001), en la ordenación del territorio el agua debe ser considerada como un componente físico-natural del territorio y un recurso. Los objetivos prioritarios de los gobiernos y de las administraciones que entienden la necesidad de disponer de agua para el desarrollo económico y social, han de valorar a la vez el patrimonio natural que supone la riqueza de la biodiversidad asociada al medio físico hídrico, tienen la responsabilidad de la conservación y gestión.

Varias experiencias a nivel internacional destacan la importancia de una nueva gestión del agua en la que las diferentes actuaciones integren los aspectos sociales, políticos, económicos, ecológicos, ambientales y lúdicos, superando así una planificación hidrológica esencialmente sectorial, que ha demostrado ya sus limitaciones.

En Estados Unidos y en algunos países de Europa occidental, a partir de fines de los años 60 del siglo pasado se observan cambios en las técnicas de planificación de los recursos hídricos. Los problemas de suministro y satisfacción de demanda comienzan a ponerse en relación de modo sistemático con aspectos cuantitativos y cualitativos de los distintos contextos regionales como el clima, la geomorfología, los usos del suelo, la dinámica y la densidad de población, el grado de urbanización o la industrialización, entre otros. El objetivo de la planificación de los recursos hídricos tiene como meta suministrar agua en cantidad y calidad conveniente a cada región (Fritz y Gerhard, 1998), aunque sin cuestionar en ningún caso el modelo territorial que genera la demanda.

En el XI Congreso Mundial del Agua (España, 2003), en lo pertinente a la metodología de planificación y de búsqueda de la eficiencia de la productividad,

cabe señalar las “Propuestas para mejorar la eficiencia de la planificación de los Recursos Hidráulicos” (Colmenar, 2003). Partiendo del reconocimiento de la complejidad del sistema de recursos hidráulicos para los diferentes actores, como técnicos, planificadores o gestores, se pretende aportar varias vías para mejorar la eficacia de las técnicas existentes de manera que se suministre la información adecuada para la toma de decisiones. Otro documento hace referencia a la “Evaluación del balance hídrico futuro mediante la utilización conjunta de modelos climáticos e hidrológicos”; de estos estudios se deduce que la evaluación hidrológica de las consecuencias de los cambios climáticos sobre el agua requiere partir de escenarios futuros deseables, con lo que se pone de manifiesto la importancia del impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico como elemento fundamental para la gestión del agua. De esa forma, la conservación y sostenibilidad del agua en condiciones de cantidad y calidad adecuadas constituyen aspectos ineludibles en los procesos de planificación, no sólo sectoriales, sino también territoriales, en la medida que están en juego la salud de los ecosistemas proveedores, y la calidad de vida y el equilibrio de las poblaciones, tanto del área receptora como del área proveedora.

1.7 MARCO JURÍDICO Y NORMATIVO

En términos de planificación, la Constitución Política colombiana contiene bases y elementos conceptuales tendientes a comprender el ordenamiento territorial como instrumento de integración del espacio, concebido desde una perspectiva de descentralización y autonomía de las entidades territoriales, la división político administrativa, las funciones y competencias de las entidades territoriales, la creación de las entidades territoriales nuevas, la diversidad cultural, la preservación del medio ambiente, la participación y el desarrollo económico (IGAC, 1994).

El ordenamiento ambiental del territorio en Colombia se constituye en elemento fundamental para la planificación y la gestión ambiental nacional, regional y local conducente a garantizar la renovabilidad del capital natural, prevenir el deterioro de los ecosistemas de mayor valor por el aporte en bienes, servicios ecosistémicos indispensables para el desarrollo nacional, proteger la diversidad biológica cultural y, fortalecer y consolidar la presencia internacional del país según los intereses de la Nación (Márquez, 1997).

En cuanto a los servicios públicos domiciliarios en Colombia el sector fue reestructurado en la década de los años 1990, en el marco de revisión de las relaciones público-privadas. Como resultado de esta revisión, los servicios públicos domiciliarios y, específicamente el de conducción, alcantarillado y saneamiento, fueron trasladados, conjuntamente con muchos otros, a la órbita de la actividad privada.

El esquema tarifario es de libertad regulada y aplica una estructura que incluye un cargo fijo que remunera el costo medio de administración y uno variable respecto al volumen consumido, el cual remunera el costo medio de operación, el de mantenimiento, el de inversión y los costos ambientales. Se maneja el criterio de solidaridad tarifaria lo cual se hace efectivo a través de un esquema de subsidios y contribuciones cruzado, mediante la estratificación, esto es; estratos sociales de mayores ingresos (estrato 6 y 5), la industria y el comercio contribuyen al cargo fijo y al monto del consumo de subsistencia, estimado en 20m³ mensuales, de las clases menos favorecidas económicamente (estrato 3, 2 y 1). El estrato cuatro ni ayuda ni recibe subsidio. El monto máximo de subsidio es 70% para el estrato uno (Ley 812 de 2003) y 40% y 15% para los estratos dos y tres, respectivamente (Ley 142 de 1994). Los aportes mínimos son de 60% para el estrato seis, del 50% para el estrato cinco y sector comercial y del 30% para el sector industrial (Decreto 057 enero 12 de 2006). En

caso de presentarse un déficit de contribuciones, los municipios tienen la obligación de cubrirlo.

En términos de los pagos para conservación dedicados a restablecer cuencas hidrográficas sólo se contemplan en el sector energético, el cual corresponde a una transferencia de recursos que hace dicho sector para la conservación de los recursos en las cuencas que abastecen embalses cuyo uso es la generación de energía eléctrica. Conforme lo establece el artículo 45 de la Ley 99 de 1993:

“Las empresas generadoras de energía hidroeléctrica cuya potencia nominal instalada total supere los 10.000 kilovatios, transferirán el 6% de las ventas brutas de energía por generación propia, de acuerdo con la tarifa que para ventas en bloque señale la Comisión de Regulación Energética, de la manera siguiente:

1. El 3% para las Corporaciones Autónomas Regionales que tengan jurisdicción en el área donde se encuentra localizada la cuenca hidrográfica y el embalse, que será destinado a la protección del medio ambiente y a la defensa de la cuenca hidrográfica y del área de influencia del proyecto.
2. El 3% para los municipios y distritos localizados en la cuenca hidrográfica, distribuidos de la siguiente manera:
 - a. El 1.5% para los municipios y distritos de la cuenca hidrográfica que surte el embalse, distintos a los que trata el literal siguiente.
 - b. El 1.5% para los municipios y distritos donde se encuentra el embalse.

Cuando los municipios sean a la vez cuenca y embalse, participarán proporcionalmente en las transferencias de que hablan los literales a y b del numeral segundo del presente artículo”.

Estos recursos, continua el artículo 45, sólo podrán ser utilizados por los municipios en obras previstas en el plan de desarrollo municipal, con prioridad para proyectos de saneamiento básico y mejoramiento ambiental.

De acuerdo con lo anterior si bien es cierto que existe una normatividad para la protección del recurso hídrico no se tienen definidos mecanismos que consideren la compensación a los habitantes rurales por proteger el medio físico hídrico, al dejar de explotar sus tierras y dedicarlas a la conservación.

2. POLÍTICA AMBIENTAL Y MARCO JURÍDICO DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN COLOMBIA

“Somos dos países a la vez; uno en el papel y otro en la realidad. En cada uno de nosotros cohabitan, de la manera más arbitraria, la justicia y la impunidad; somos fanáticos del legalismo, pero llevamos bien despierto en el alma un leguleyo de mano maestra para burlar las leyes sin violarlas, o para violarlas sin castigo. Amamos a los perros, tapizamos de rosas el mundo, morimos de amor por la patria, pero ignoramos la desaparición de seis especies animales cada hora del día y de la noche por la devastación criminal de los bosques tropicales, y nosotros mismos hemos destruido sin remedio uno de los grandes ríos del planeta”.

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ

“Por un país al alcance de los niños”

Informe de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo (1994).

En Colombia, la estrategia de desarrollo en la segunda mitad del siglo XX y hasta la década de los noventa, estuvo caracterizada por una política económica proteccionista, procurando favorecer el desarrollo industrial nacional. En términos generales, se impulsó el modelo de sustitución de importaciones en combinación con la promoción de exportaciones. A partir de 1990, el país se insertó en la propuesta de globalización promovida por los países de mayor

desarrollo tecnológico y concentración de capital. Dichos modelos, proteccionismo y globalización, han determinado la forma cómo ha evolucionado la industria, el comercio y la agricultura colombiana y su interrelación con los recursos naturales y el medio ambiente.

Con el proteccionismo el crecimiento se basó en el abastecimiento del mercado interno, una estructura reguladora débil, monopolios y oligopolios y un patrón de consumo ambientalmente costoso. Con ello se incentivó el empleo de tecnologías obsoletas altamente contaminantes, modos de producción basados en el uso ineficiente de los recursos naturales, rezago tecnológico, baja productividad, precios por encima de los internacionales, dificultades para ampliar el mercado interno y externo, etc. Lo anterior, llevó al aumento acelerado del vertido de aguas residuales, emisiones atmosféricas y generación de residuos tóxicos y, en general, a altos niveles de contaminación y uso inadecuado del medio ambiente y los recursos naturales. Todo esto unido a una acelerada destrucción los ecosistemas, consecuencia del crecimiento manufacturero y de la expansión de sistemas agropecuarios inadecuados para la diversidad biofísica colombiana.

La industria, buscando abastecer al mercado interno, se desarrolló, y continúa desarrollándose, en los centros urbanos distantes de los puertos marítimos y de los grandes ríos, a diferencia de lo que sucede con la industria en la mayor parte del mundo. Lo que generó, y continúa generando, que los vertidos de las aguas residuales se efectúen en ríos y cuerpos de agua. Entre tanto el sector agropecuario, se ha expandido a través de una colonización depredadora que junto al surgimiento de los cultivos ilegales son responsables, entre otros factores, de más del 70% de la deforestación. El crecimiento urbano descontrolado, por su parte, se caracteriza por el incremento de aguas residuales no tratadas,

emisiones atmosféricas, generación de residuos altamente tóxicos y, en general, altos niveles de contaminación que perturban negativamente la calidad de vida en las ciudades. Pese a que la situación anterior ha empezado a cambiar, en Colombia los efectos ambientales del crecimiento se manejaron como externalidades que debían ser asumidas por la sociedad. No había incentivos económicos para optar por tecnologías ambientales.

Ahora el modelo de globalización y la reactivación de los acuerdos comerciales en la década de los años 1990 y las reformas legales e institucionales introducidas principalmente por la Constitución de 1991 y por la Ley 99 de 1993, están obligando a reducir los niveles de contaminación, lo que favorece al medio ambiente y a los recursos naturales. Con el nuevo modelo, los sectores exportadores deben reducir sus niveles de contaminación si quieren competir en el mercado internacional y con el reordenamiento institucional y el ajuste legal (República de Colombia, 1999), comienza a haber más control e instrumentos que están llevando a la disminución de los niveles de contaminación.

2.1 EL MARCO GENERAL DE LA POLÍTICA DE AGUAS EN COLOMBIA

La política general del sector de aguas en Colombia pretende garantizar la disponibilidad de agua potable y el saneamiento básico y ambiental para mejorar la calidad de vida de la población e incentivar el desarrollo económico, bajo principios de equidad, sostenibilidad ambiental y eficiencia.

La política institucional se orienta a la modernización y fortalecimiento de los prestadores de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y residuos sólidos, a partir de economías de escala y desarrollo de proyectos de interés regional.

La política ambiental se concreta en el manejo integral y sostenible del recurso hídrico, dando prioridad a las necesidades para el consumo humano, al adecuado manejo de residuos sólidos y líquidos y al ordenamiento de cuencas abastecedoras.

La disponibilidad espacial y temporal del recurso hídrico se continuará modificando como consecuencia del crecimiento económico, contaminación de los cuerpos hídricos existentes, uso desmedido y cambio climáticos.

Las iniciativas de tipo técnico se orientan a formatos de tecnologías que generen calidad, cobertura y continuidad en la prestación de los servicios, a la creación de instancias y mecanismos para el intercambio de conocimientos y procesos tecnológicos exitosos aplicables y replicables en el sector.

La política financiera se orienta a la optimización y manejo integral de los recursos disponibles para la ejecución de los proyectos del sector en los distintos niveles territoriales, institucionales y empresariales.

La política social se orienta a la generación de espacios de concertación y participación ciudadana, al fortalecimiento de los procesos de democratización patrimonial de las empresas prestadoras y a la generación de empresas de servicios públicos comunitarias.

Los objetivos específicos de la política del sector son:

- Promover el manejo integral el recurso agua y la protección de las cuencas abastecedoras de los acueductos municipales y veredales.
- Aumentar la población beneficiada y mejorar la calidad de la prestación de los servicios de acueducto y saneamiento básico en las zonas urbana y rural.
- Focalizar las acciones del Estado para garantizar el acceso a los servicios de acueducto y alcantarillado de la población de menores ingresos, con costos acordes a su capacidad de pago.
- Incentivar la eficiencia en la prestación de los servicios por parte de las empresas prestadoras y coordinar y promover acciones de asistencia técnica y capacitación en el sector.

Los principios orientadores fueron establecidos por la Ley 99 de 1993 (Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente) y la Ley 142 de 1994 (Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios) (República de Colombia, 1994), los cuales, según la interpretación del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2004), son:

- Fortalecimiento de la descentralización administrativa
- Fomento a la participación ciudadana
- Solidaridad
- Gestión transparente
- Gestión sostenible y protección de la biodiversidad en cuencas abastecedoras

- Protección a nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos
- Prioridad del uso del recurso hídrico para consumo humano
- Políticas ambientales fundamentadas en investigación científica y en el principio de precaución
- Prevención y mitigación de desastres para la protección del capital social y público
- Estudio de impacto ambiental e incorporación de costos ambientales y de instrumentos económicos para la prevención y corrección del deterioro ambiental
- Gestión equitativa, eficiente, productiva y gerencial de los servicios públicos
- Fortalecimiento de la neutralidad, la subsidiaridad, la eficiencia económica y suficiencia financiera por parte de los prestadores de servicios.

En la tabla 1 se presenta una síntesis de las líneas estratégicas y las políticas relacionadas con el agua en Colombia.

TABLA 1. Síntesis de líneas estratégicas y políticas en relación con el agua.

Política o línea	Ministerio	Observación
Línea para la Política de manejo integral del agua de 1997	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Pretende también coordinar la acción de las distintas entidades estatales que de una u otra manera están vinculadas con el manejo del agua, a través de la participación de éstas en su definición y consecución.
Política Nacional de Humedales de 2001	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Consejo Nacional Ambiental	Busca garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos mediante el uso racional y la conservación de los humedales interiores, como ecosistemas estratégicos dentro del ciclo hidrológico, que soportan las actividades económicas, sociales, ambientales y culturales, con la participación coordinada, articulada y responsable del gobierno, los sectores no gubernamentales, las comunidades indígenas y negras, el sector privado y la academia.
Línea de Agua potable y Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia de 2003	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento Nacional de Planeación.	Está orientada a mejorar la calidad de vida de la población rural mediante el acceso a agua para consumo humano y saneamiento básico, en armonía con el manejo ambiental, garantizando el cumplimiento de las competencias de los niveles regionales y locales, con el apoyo del nivel nacional, promoviendo esquemas de prestación y modelos de gestión sostenibles en el largo plazo.
Acueducto y Alcantarillado de 2003	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento Nacional de Planeación.	Lineamientos de políticas para servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, tendientes a mejorar de la prestación de los servicios a nivel nacional reconociendo el entorno económico actual.
Agua, Ambiente y Desarrollo de 2005	Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Departamento Nacional de Planeación.	Busca establecer los lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de Agua, Ambiente y Desarrollo Territorial, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo - PND 2002-2006 "Hacia un Estado Comunitario", y que tienen por objeto unir los esfuerzos del Gobierno Nacional para el cumplimiento de las Metas del Milenio relacionadas con garantizar la sostenibilidad ambiental, y su contribución a la reducción de la pobreza y la mortalidad infantil.

Fuente, elaboración propia a partir de la normatividad colombiana. 2008.

2.2 POLÍTICAS PARA CONSERVACIÓN DEL AGUA

En repetidas ocasiones las políticas gubernamentales contribuyen al deterioro de los ecosistemas. Las políticas fiscales afectan los precios vía subsidios e impuestos. Los aranceles aumentan los precios de los bienes importados de manera directa, mientras que las cuotas de importación los aumentan indirectamente. La política cambiaria aumenta el valor de los bienes comerciales. Las agencias de gobierno también intervienen en la compra y venta de productos agrícolas, en ocasiones predeterminando los precios. Estas acciones pueden influir en las decisiones de agricultores, pescadores, urbanizadores, compañías madereras y mineras, y todo aquello que utilizan la tierra y el mar aprovechándolo y/o causando efectos negativos por medio de la contaminación (Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente *et al.*, 2002).

Los subsidios del gobierno contribuyen, de manera significativa, a las presiones actuales sobre los ecosistemas, incentivando muchas veces actividades dañinas como la sobreexplotación de peces, o el uso excesivo de combustibles fósiles, que de otra manera no serían económicamente viables. El otorgamiento de préstamos generosos, para construir barcos pesqueros o la fijación de precios de sustentación para productos agrícolas, subvenciones para productores de madera y petróleo, y donaciones directas destinadas a construcción de vías son solo un ejemplo de las formas en que los gobiernos subsidian actividades potencialmente dañinas a los ecosistemas. En un estudio (Moor y Calamai 1997) se informa que los gastos que hace el gobierno en subsidios dañinos al medio ambiente sólo en los sectores de agua, agricultura, energía y construcción de vías, ascendía a US \$700.000 millones anuales en todo el mundo.

Es de notar que inicialmente los subsidios muchas veces promueven metas sociales loables como empleo, mayor productividad, desarrollo económico, que con el tiempo quedan alterados a través de consecuencias inesperadas, entre ellas las ambientales. Por ejemplo, los gobiernos han subsidiado el uso de insumos agrícolas para impulsar la producción y en parte las industrias de agroquímicos. En Indonesia a mediados de los años 1980 el gobierno gastaba cerca de US \$150.000 millones anuales en subsidios a plaguicidas para proteger la cosecha de arroz. Lo que condujo a un uso exagerado que provocó problemas en la piel a la población como consecuencia de la reducción de depredadores naturales y ocasionando la resistencia de los insectos a ser eliminados. También produjo una contaminación considerable aguas abajo y afectó la salud de los agricultores. Finalmente, cuando el gobierno suspendió los subsidios disminuyó el uso de plaguicidas, se ahorró en recursos financieros y se incrementó la producción de arroz (Banco Mundial 1997).

Las regulaciones son otro mecanismo que incide en el daño de los ecosistemas. Más allá de su efecto sobre los precios, las políticas de gobierno también pueden afectar a los ecosistemas más directamente, ya que a través de mecanismos como ordenanzas relacionadas con el ordenamiento territorial, los estándares relativos a la contaminación y otros reglamentos que afectan tanto el uso del suelo como las prácticas empresariales. Puede ocurrir que programas para fomentar el desarrollo económico impulsen políticas como “crecer ahora y limpiar después” promoviendo la industrialización sin tener en cuenta los costos ambientales. La industrialización de China luego de la reforma de 1978 siguió este patrón y a principios de la década de los años 1990 los costos ecológicos asociados a la destrucción ecológica y la contaminación representaban el 14% de su Producto Nacional Bruto (WRI *et al*, 1998). China en la actualidad hace esfuerzos en el fortalecimiento y cumplimiento de sus regulaciones ambientales para revertir las pérdidas ambientales y reducir los impactos de la contaminación del aire y el agua sobre la salud.

Otros factores relacionados con el gobierno también afectan el uso de los ecosistemas. Las instituciones gubernamentales están normalmente divididas a lo largo de áreas sectoriales: Ministerio de Agricultura, Departamento Forestal, La Agencia del Medio Ambiente y así sucesivamente, tal división va en sentido apuesto al tratar de adoptar cualquier visión integrada de los ecosistemas y su manejo. Para el Ministerio de Agricultura la principal preocupación será la producción agrícola, y como podría apreciarse es posible que el Ministerio vea la preservación de la biodiversidad y la disminución de la conservación de bosques como algo ajeno a su misión, es más, es posible que vea al departamento Forestal y de Medio Ambiente como competidores en términos de presupuesto y control administrativo, con lo que se reducen las posibilidades de cooperación entre agencias a cuyo cargo está el manejo de los ecosistemas (Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente *et al.*, 2002).

En la exposición de motivos del Proyecto de Acuerdo No. 113 de 2008 por el cual se adoptan los lineamientos para una política pública del agua en Bogotá y se propone regular el consumo, la distribución del recurso hídrico en la ciudad capital de Colombia, el proponente ilustra en el preámbulo legislativo la importancia y la gravedad que concurren en el manejo indiscriminado del recurso vital en la población no sólo del Distrito, sino de la Nación y el mundo. Y hace memoria de las prácticas de uso adecuado del agua dulce, habituales entre nuestros ancestros de las culturas amerindias.

Manifiestan entre otras cosas que las anteriores civilizaciones le otorgaron al recurso agua cualidades de orden sagrado, en el cual se asienta el principio vital y se articula el desarrollo de la sociedad. No obstante, en el proceso de conquista y colonización y posterior industrialización cambió esa concepción del desarrollo social, hacia un modelo económico

contemporáneo sobre procesos de excesivo consumo y producción con resultados desastrosos al amparo de una industrialización inadecuada. En torno a este tema se ha considerado, según anteriores investigaciones, que el desarrollo industrial aceleró y sigue acelerando el proceso de deterioro y disponibilidad de agua apta para el consumo humano.

El manejo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente en Colombia se han caracterizado por la evolución de la legislación ambiental y ha sido parcialmente influenciado por la política internacional en la materia. Hasta la expedición del Código de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente en 1974 (República de Colombia, 1974), los recursos naturales se manejaron de una manera puntual con un criterio patrimonial y de explotación más que de conservación (y su manejo se hizo a través de la creación de organismos que se ocupaban de la explotación de un recurso determinado hasta la utilización integrada y múltiple de varios de ellos).

En la tabla 2 se listan los principales artículos del decreto Ley 2811 de 1974 (Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente) referidos al manejo del agua, que constituyen la base fundamental del tratamiento del recurso hídrico en el país.

TABLA 2. El agua en el Decreto Ley 2811 de 1974 y sus decretos reglamentarios.

Norma	Artículo	Observación
Decreto - Ley 2811 de 1974 "Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente"	Artículo 41	Orden de prioridades para concesiones de agua.
	Artículo 43	Prioridad del uso del agua para uso doméstico y colectivo.
	Artículo 118	Facultad delINDERENA para decretar reservas de aguas.
	Artículo 119	Objeto de la declaración de reservas.
	Artículo 124	Alinderamiento y prohibición por parte delINDERENA para proteger fuentes o depósitos de aguas.

Norma	Artículo	Observación
Decreto - Ley 2811 de 1974 “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”	Artículo 41	Orden de prioridades para concesiones de agua.
	Artículo 43	Prioridad del uso del agua para uso doméstico y colectivo.
	Artículo 118	Facultad del INDERENA para decretar reservas de aguas.
	Artículo 119	Objeto de la declaración de reservas.
	Artículo 124	Alinderamiento y prohibición por parte del INDERENA para proteger fuentes o depósitos de aguas.
	Artículo 132	Prohibición de alterar el cauce de las aguas.
	Artículo 133	Obligación de los usuarios de utilizar las aguas en condiciones sostenibles.
	Artículo 134	Obligación del Estado de garantizar la calidad del agua.
	Artículo 143	Uso colectivo de las aguas lluvias.
	Artículo 166	Declaración de agotamiento para las aguas subterráneas.
	Artículo 211	Prohibición de contaminar o causar daño a las aguas.
	Artículo 259	Organización en cuencas, subcuencas o sectores de cuencas.
	Artículo 280	Creación de la Comisión Nacional de Aguas.
	Artículo 283	Conceptos de la Comisión Nacional de Aguas.

Fuente, elaboración propia a partir de la normatividad colombiana. 2008

En la tabla 3 se pueden observar los principios rectores de los decretos reglamentarios definidos a partir del Código de los Recursos Naturales, Decreto Ley 2811 de 1974.

TABLA 3. Decretos reglamentarios del Decreto Ley 2811 de 1974

Norma	Artículo	Observación
Decreto 1541 de 1978 “Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973.”	Artículo 5	Definición de aguas de uso público.

Norma	Artículo	Observación
Decreto 1594 de 1984 "Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del título VI - parte III - libro II y el título III de la parte III - libro I - del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos."	Artículo 29	Clasifica los usos del agua para consumo humano y doméstico; preservación de la flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial y transporte sin que de su enunciado se pueda desprender algún orden de prioridad.
	Artículo 73	Estándares permisibles de vertimientos a sistemas de alcantarillado.
	Artículo 82	Usos del agua y manejo de los residuos líquidos.
	Capítulo VII	Obligatoriedad de los registros de vertimientos.
	Capítulo VIII, Artículos 113 y 120	Permisos de vertimientos.
Decreto 1729 de 2002 "Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto – Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones"	Artículo 3	Uso de la cuenca y demás recursos naturales ajustados a la Ley.
	Artículo 5	Medidas de protección y conservación de recursos naturales renovables.
	Artículo 20	Evaluación y priorización de cuencas hidrográficas a nivel regional.

Fuente: elaboración propia a partir de la normatividad colombiana, 2008.

2.3 EL AGUA EN LA CONSTITUCIÓN NACIONAL

Con la Constitución de 1991 y la Ley 99 de 1993, se da un cambio en la política ambiental colombiana. Los instrumentos económicos como herramientas de gestión ambiental sufren un cambio radical al buscar modificar el comportamiento de los agentes contaminadores y no ser sólo instrumentos financieros. La parte financiera de las instituciones encargadas de la gestión ambiental ya no proviene ahora sólo del Estado. Los ingresos provienen también del gravamen sobre la propiedad del inmueble con destino a las Corporaciones Ambientales; de las tasas retributivas y por uso del agua; de las transferencias del sector eléctrico a

las entidades ambientales de las cuencas aportantes o en cuya jurisdicción se encuentra el embalse; de los recursos del Fondo Nacional de Regalías; del 50% de las indemnizaciones impuestas en virtud de acciones populares, los cuales corresponderán a la Corporación con jurisdicción donde se haya producido el daño ambiental.

En el año 1991, también se dio un paso fundamental hacia la estructuración del régimen ambiental en Colombia, al elevarse a nivel constitucional los principios rectores sobre la protección del ambiente, asignándole al Estado la obligación de organizar, dirigir y reglamentar lo correspondiente a la atención de la salud y al saneamiento ambiental, según los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad (Constitución Política de Colombia art. 49) y al establecer en el artículo 79 que:

“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

En desarrollo de los principios ambientales y en el marco del acuerdo sobre medio ambiente y desarrollo de Río de Janeiro de 1992, el Congreso de la República expidió la Ley 99 de 1993 (conocida como Ley del Medio Ambiente), por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se establecen los principios ambientales nacionales, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental: SINA y se crean el Consejo Técnico Asesor de Política Ambiental y el Consejo Nacional Ambiental, el cual se responsabiliza de la coordinación de políticas, planes y programas ambientales. En la Actualidad la Ley continua vigente con algunas modificaciones no sustanciales. Así Colombia estableció una base sólida que le permitirá trazar una política ambiental seria y actualizable.

Los principios generales ambientales de la política ambiental colombiana se definen en el artículo 1 de la Ley 99 de 1993:

- “1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.
2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.
3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objetos de protección especial.
5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.
7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.
8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.
9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.

10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.
11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.
12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático, y participativo.
13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental, SINA², cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la Sociedad Civil.
14. Las instituciones ambientales del Estado se estructura teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física”.

Las empresas proveedoras de servicio de agua potable y saneamiento básico quedan incluidas en el SINA y, de esta forma, se establece el vínculo entre la política ambiental nacional y la política de provisión de servicios públicos. Esta relación, normativamente fuerte, no logra alcanzar intensidad en la práctica, pues y pese a que las empresas proveedoras de servicios de acueducto y saneamiento tienen la obligación de asegurar su suficiencia financiera (Ley 142 de 1994), las autoridades del sector, valga decir la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, no siempre convierte los requerimientos ambientales en cargos tarifarios que hagan llegar a la

² Sistema Nacional Ambiental (SINA), entendido como el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la citada Ley 99, propicia el encuentro de las iniciativas y acciones ambientales. La coordinación del SINA quedó bajo la responsabilidad del entonces Ministerio de Medio ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que además ocupa la mayor jerarquía dentro del sistema, seguido por las corporaciones autónomas regionales, que actúan como unidades ejecutas; los departamentos y los municipios o distritos.

sociedad la señal del costo ambiental involucrado en la provisión del servicio. El déficit queda entonces para ser resuelto por las empresas prestadoras del servicio, lo que constituye un incentivo perverso para el logro del objetivo ambiental buscado, señala Piedrahita (2006).

De otro lado, la visión que poseen las Corporaciones Ambientales de su autonomía, tiene claras consecuencias respecto a la aplicación de los recursos financieros generados por los instrumentos económicos que les corresponde administrar, pues estos pueden ser dedicados a programas no coordinados en el SINA. Esa asimetría de asignación, dispersa la estrategia y los recursos en objetivos ambientales no convergentes y, algunas veces, incompatibles. Prueba de ello es el retraso en la descontaminación de los cuerpos hídricos del país, pues después de casi diez años de cobro de la tasa retributiva se estima que en Colombia se vierte a los cuerpos hídricos el 92% del agua servida, sin tratamiento previo alguno (Piedrahita, 2006).

2.4 LEY 99 DE 1993

Ley 99 de 1993, Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Con la Ley 99 de 1993 se busca involucrar a la sociedad civil en general y al sector privado en la solución de los problemas ambientales. En este sentido, se creó el Consejo Nacional Ambiental y el Consejo Técnico Asesor de Política y Normatividad Ambiental, que son un espacio legal importante e idóneo para que la sociedad civil participe en la reglamentación de las disposiciones ambientales (PONCE, 1997).

Un aspecto jurídico sobresaliente de la Ley 99 de 1993 fue la reforma al Código de los Recursos Naturales Renovables en aspectos como las licencias ambientales, tasas retributivas y tasas por uso del agua. En la tabla 4 se resume el articulado referido a la conservación y el manejo del agua establecido en dicha Ley.

TABLA 4. La conservación y el manejo del agua en la Ley 99 de 1993.

Ley 99 de 1993	Artículo	Observación
“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.”	Artículo 33	Se establece la constitución de una comisión conjunta para concertar, armonizar y definir políticas relacionadas con el manejo ambiental de cuencas hidrográficas
	Artículo 65	Autoridades ambientales encargadas de ejercer control sobre los usos del agua y demás recursos naturales renovables.
	Artículo 107	Ordenación de cuencas hidrográficas para el manejo y la conservación de las mismas.
	Artículo 111	Declara de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales y distritales; asigna a los departamentos, municipios y distritos la destinación, durante 15 años, de un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos, para que, antes del vencimiento de ese periodo, hayan adquirido esas zonas; y confía su administración al respectivo distrito o municipio en forma conjunta con la respectiva corporación autónoma regional y con la participación opcional de la sociedad civil.

Fuente, elaboración propia a partir de la Ley 99 de 1993

Los decretos reglamentarios de la Ley 99 de 1993 se presentan en la tabla 5.

TABLA 5. Decretos reglamentarios de la Ley 99 de 1999.

Decreto	Contenido
Decreto 1604 de 2002 “Por el cual se reglamenta el parágrafo 3° del artículo 33 de la Ley 99 de 1993”	Reglamenta los procedimientos de concertación para el adecuado y armónico manejo de áreas de confluencia de jurisdicciones entre autoridades ambientales regionales relacionado a ecosistemas estratégicos y cuencas hidrográficas.

Decreto	Contenido
Decreto 3100 de 2003 "Por el cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones."	Reglamenta el cálculo y recaudo de la tarifa de las tasas retributivas por vertimientos y la tarifa regional. Este Decreto estipula que el usuario sujeto a este pago de tarifa tendrá derecho a presentar reclamos y aclaraciones escritas con relación al cobro de la tasa retributiva.

Fuente, elaboración propia a partir de la reglamentación de la Ley 99 de 1999.

En la tabla 6 se presenta la Resolución 3100 de 2003 que reglamenta las tasas retributivas.

TABLA 6. Resolución sobre tasas retributivas.

Resolución	Artículo	Contenido
Resolución 3100 de 2003 "Por medio de la cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones"	Artículo 3	Priorización de cuencas
	Artículo 20	Destinación del recaudo a proyectos de inversión de descontaminación hídrica y monitoreo de la calidad del agua.

Fuente, elaboración propia a partir de la Resolución 3100 de 2003.

2.5 LEY 142 DE 1994

En Colombia, el sector de los servicios públicos domiciliarios fue reestructurado en la década de los años 1990, dentro del proceso de revisión de las relaciones público-privadas. El objetivo fundamental fue focalizar en el Estado aquellas que se consideraban sus funciones esenciales, dejando en manos de las fuerzas del mercado la búsqueda de la eficiencia en la asignación de recursos y de la eficacia en los resultados en algunos sectores de la economía que, hasta aquel entonces, el Estado se había abrogado la responsabilidad de su gestión. Como consecuencia de esta revisión,

los servicios públicos domiciliarios y, más concretamente, el de acueducto, alcantarillado y saneamiento, fueron trasladados, conjuntamente con muchos otros, a la órbita de la actividad privada.

En desarrollo de los mandatos dados en la Constitución Política de 1991, la Ley 142 de 1994, llamada Ley de Servicios Públicos y que puede considerarse el estatuto general de estos servicios, estableció que el Estado podría intervenir en ellos para los siguientes fines (artículo 2, Ley 142 de 1994):

- Garantizar calidad del bien objeto del servicio y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios.
- Ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la incapacidad de pago de los usuarios.
- Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
- Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.
- Prestación eficiente.
- Libertad de competencia y no utilización abusiva de la posición dominante.
- Obtención de economías de escala comprobables.
- Mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.
- Establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad.

Este nuevo marco constitucional y legal establece para el sector de los servicios públicos una institucionalidad con clara división de responsabilidades y adecuados mecanismos de coordinación. De esta manera, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial asume la responsabilidad de la definición de la política general, de elaboración del plan indicativo y la definición de normas técnicas para el sector de acueducto, alcantarillado y saneamiento básico; en tanto que la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) se encarga de la protección al usuario, vigilancia y control de las empresas del sector. De otro lado, la provisión misma de los servicios es principalmente responsabilidad de iniciativa privada y las Comisiones de Regulación asumen el fomento a la competencia y el diseño de instrumentos que la simulen en los sectores que pudieran considerarse monopolios naturales, con el fin de que la operación de las empresas sea eficiente y prevenir el abuso de la posición dominante. Para hacer efectivo el control social se crean los Comités de Desarrollo y Control Social.

El servicio de agua potable y saneamiento básico consta de las siguientes fases: captación, tratamiento, almacenamiento, transporte y distribución del agua potable y la recolección transporte y tratamiento de aguas residuales.

El esquema tarifario del servicio de aguas se orienta por criterios de eficiencia económica, suficiencia financiera, solidaridad, neutralidad, transparencia y simplicidad. La eficiencia en asignación de recursos es procurada desde la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) mediante la aplicación de modelos de eficiencia comparada (Método DEA).

El esquema tarifario vigente es de libertad regulada y aplica una estructura binomial: incluye un cargo fijo que remunera el costo medio de administración y uno variable respecto al volumen consumido, que remunera el costo medio de operación, el de mantenimiento, el de inversión y los costos ambientales.

El criterio de solidaridad tarifaria se hace efectivo a través de un esquema de subsidios y contribuciones cruzado, mediante el cual los estratos sociales de mayores ingresos (estratos 6 y 5), la industria y el comercio contribuyen al cargo fijo y al monto del consumo de subsistencia (20 m³ por mes) de las clases menos favorecidas económicamente (estratos 3, 2 y 1). El estrato cuatro ni contribuye ni recibe subsidio.

El monto máximo de subsidio es 70% para el estrato 1 (Ley 812 de 2003) y 40% y 15% para los estratos 2 y 3, respectivamente (Ley 142 de 1994). Los aportes mínimos son de 60% para el estrato seis, del 50% para el estrato cinco y sector comercial y del 30% para el sector industrial (Decreto 057 de 2006). De existir déficit de contribuciones, recae sobre los municipios la obligación de cubrirlo; aspecto que durante más de nueve años fue desatendido, ocasionando desánimo en los inversionistas privados para destinar recursos al sector y generando grandes costos a las empresas operadoras existentes.

Para el año 2003 la cobertura del servicio de acueducto se estimó en el 97,4% a nivel urbano, en tanto que en el rural fue 86,1 %, con una cobertura consolidada nacional de 86,1%. En alcantarillado la cobertura se estimó en 90,2%, en las zona urbana del país y 57,9%, en la rural; con un consolidado de 82,0% (CRA, 2006).

En el país, el consumo de agua potable residencial per cápita se ha rebajado, como consecuencia del incremento tarifario que se viene aplicando desde el último quinquenio de los años 90 y por la utilización cada vez más generalizada en los hogares de equipos ahorradores de agua. Según los últimos estudios la disminución del consumo asciende al 22%, pasando del 26,3 a 20,6 m³/mes en el período comprendido entre los años 1996 y 2001. (Banco Mundial, 2004). De acuerdo con estudios realizados por la CRA en el año 2005 la tendencia de

reducción de consumo continúa: se estima que en clima frío el consumo promedio sea de 15 m³/mes, en tanto que en clima cálido y templado sea de 18 y 16 m³/mes, respectivamente (CRA, 2006)

Con relación a la continuidad en la prestación del servicio, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD³ informó que para el año 2005 las empresas con más de 400.000 instalaciones alcanzaron una continuidad del 100%; las que poseen entre 80.000 y 400.000 instalaciones, reportaron 96% de continuidad; las que están en el rango de las 25.000 a las 80.000 instalaciones reportaron continuidad promedio de 97%; las del rango de 2.500 a 25.000 alcanzaron continuidad promedio del 89% y las restantes del 76% (Piedrahita, 2006).

Un resumen del articulado de la Ley 142 de servicios públicos en relación con el agua se presenta en la tabla 7.

TABLA 7. El agua en la Ley de Servicios Públicos.

Ley 142 de 1994	Artículo	Observación
"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones"	Artículo 2	Intervención del Estado en los servicios públicos y obligación de garantizar la calidad y mejoramiento de vida de los usuarios.
	Artículo 11	Los prestadores de servicio público domiciliario deberán cumplir con su función ecológica, para lo cual, y en tanto su actividad los afecte, protegerán la diversidad e integridad del ambiente, y conservarán las áreas de especial importancia ecológica, conciliando estos objetivos con la necesidad de aumentar la cobertura y la costeabilidad de los servicios por la comunidad
	Artículo 39	Pacta acuerdos pertinentes para el uso de recursos naturales o del medio ambiente, como el de concesión de aguas, el cual es un contrato limitado en el tiempo, que celebran las entidades a las que corresponde la responsabilidad de administrar aquellas, para facilitar su explotación o disfrute. En estos contratos se pueden establecer las condiciones en las que el concesionario devolverá el agua después de haberla usado.

Fuente, elaboración propia a partir de la Ley 142 de 1994.

³ Ente gubernamental responsable del control y la fiscalización de las empresas prestadoras de servicios públicos en Colombia

2.6 OTRAS LEYES NO AMBIENTALES QUE RESULTAN COMPLEMENTARIAS

Las leyes 152 de 1994 (Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. El Congreso de Colombia) y 188 de 1995 (Por la cual se adopta el Plan Nacional de Desarrollo e Inversiones) (República de Colombia, 1994) aunque no pertenecen a la órbita del derecho ambiental, aportan y constituyen un impulso a la legislación ambiental en Colombia.

La Ley 152 de 1994 (República de Colombia, 1994), establece los principios generales que rigen las actuaciones de las autoridades nacionales, regionales y territoriales en materia de planificación. Entre estos principios sobresale el de sustentabilidad ambiental, que plantea la necesidad de armonizar el desarrollo socioeconómico con el medio natural, pues los planes de desarrollo deben considerar criterios que permitan estimar los costos y beneficios ambientales, con miras a definir acciones que garanticen una adecuada oferta ambiental. No obstante los avances que se han expuesto en la legislación ambiental en Colombia, es necesario desarrollar otras disposiciones e iniciar la aplicación de toda la legislación ambiental disponible si queremos acercarnos a los principios del desarrollo sostenible. En dicha aplicación es indispensable el concurso de las Corporaciones que existían con anterioridad a la Ley 99 de 1993 y cumplieran, también, funciones de desarrollo. Además se da cabida a las comunidades de indígenas y de negros, a las ONG y a los productores en los consejos directivos de las corporaciones autónomas regionales. En estos consejos participan un representante de las comunidades indígenas, un representante de las comunidades negras, un representante de cada uno de los siguientes gremios: agrícola, industrial, minero, exportador y forestal,

un representante de las organizaciones no gubernamentales, y un representante de la universidad. Entre sus funciones se encuentran recomendar medidas que permitan armonizar la protección de los recursos naturales con la ejecución de proyectos de desarrollo económico y social; y dar también recomendaciones para coordinar las actividades de los sectores productivos con las entidades del Sistema Nacional ambiental SINA, entre otras.

El SINA está conformado por dos representantes de las universidades y un representante de cada uno de los siguientes gremios: agrícola, industrial y de minas o hidrocarburos. Su función es asesorar al ministro del Medio Ambiente sobre la viabilidad ambiental de proyectos de interés nacional y sobre la formulación de políticas y expedición de normas ambientales. Como por ejemplo, la regulación de la función social de la propiedad, la zonificación ambiental, las disposiciones sobre el suelo, entre otras.

Otros esfuerzos se evidencian en las últimas normas que se encuentran aún en discusión como el Proyecto de Ley No. ___ de 2005 “por el cual se establecen las medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico en el territorio nacional”, en el que se presentan algunos de los aspectos relacionados con la gestión y ordenación del territorio. Este proyecto tiene por objeto establecer el conjunto de principios, criterios y directrices que deben desarrollarse al interior del SINA para orientar la planificación y administración del recurso hídrico con el fin de asegurar su disponibilidad presente y futura, en cantidad y calidad adecuadas, como elemento estratégico para el desarrollo sostenible de la Nación (Art. 1). En la tabla 8 se destacan los elementos de gestión y planificación del agua, considerados en el proyecto de ley referido.

TABLA 8. Elementos de gestión y planificación del agua en el Proyecto
de Ley No.____ de 2005.

Elementos de gestión	Aspecto normativo	Observación
La cuenca hidrográfica	Se reconoce como la unidad de planificación y administración. (Art. 2. numeral 2.3)	
Comité técnico intersectorial.	El Consejo Nacional Ambiental contará con un Comité técnico intersectorial. (Art. 3)	
El Plan Hídrico Nacional y el Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica.	<p>Son instrumentos de soporte para la planificación y administración del recurso hídrico.</p> <p>Los planes programas y agendas sectoriales con injerencia directa o indirecta en la conservación, preservación uso y aprovechamiento del recurso hídrico. Se incluyen los Planes de Ordenamiento Territorial, los planes de desarrollo, de los municipios, distritos y departamentos, los cuales deben ajustarse a los instrumentos de de planificación señalados. (Art. 4)</p>	<p>El Plan Hídrico Nacional, define prioridades, metas de la planificación, plazos inversiones y necesidades de reglamentación. (Art. 6)</p> <p>Los planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas que comprendan área de jurisdicción de más de una entidad, serán desarrollados por las comisiones conjuntas conformadas por todas las autoridades competentes, incluida la Unidad Administrativa Especial del sistema de Parques Nacionales Naturales.</p>
Seguimiento a la planificación y administración del recurso hídrico	El Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hará el seguimiento y evaluación del desarrollo de la política de planificación y administración del recurso hídrico. Para lo que diseñará indicadores. (Art. 5)	
Consejos de Cuenca	Se crean como órganos de consulta, de conformación mixta, en el proceso de formulación, ejecución, seguimiento, y evaluación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuenca. Hidrográfica. (Art. 9)	
Instrumentos Económicos y financieros	Tasas por uso y Tasas retributivas	La utilización del recurso hídrico por cualquier persona natural o jurídica estará sujeta al pago.

Fuente, elaboración propia a partir del Proyecto de Ley No.____ de 2005.

2.7 EL AGUA EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

“El ordenamiento territorial es una política de Estado y un instrumento de planificación, que permite una apropiada organización político administrativa de la Nación y la proyección espacial de las políticas de desarrollo social, económico, ambiental y cultural de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y conservación del ambiente” (Andrade, 1994).

El ordenamiento territorial opta por un estilo de desarrollo integral del país, de tal forma que redunde en un mejoramiento de la calidad de vida (IGAC, 1996).

El ordenamiento territorial en las ciudades tiene como finalidad mitigar y prevenir el deterioro ambiental causado por los procesos de urbanización; pretende lograr una estructura urbana ambientalmente más sustentable, socialmente más justa y funcionalmente más eficiente. Para lograr lo anterior, el Plan de Ordenamiento Territorial debe ser un instrumento que permita a la administración municipal generar una mayor y más equitativa cobertura de los beneficios en la inversión que se hace en infraestructura pública básica y social, planear el crecimiento de la ciudad y reorganizar el uso actual del suelo de acuerdo con las características biofísicas, la estructura actual urbana y los objetivos del desarrollo integral de la población. El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) tiene un enfoque espacial integral, prospectivo y concertado (IGAC, 1996). El POT es una herramienta que fortalece el proceso de descentralización, otorgándole mayor nivel de gobernabilidad a las entidades territoriales (IGAC, 1996).

Siguiendo a IGAC (1996), la finalidad del ordenamiento territorial en las ciudades tiene que ver con la necesidad de planear el desarrollo integral del país previendo el crecimiento urbano, ya que la urbanización descontrolada es la mayor causa de la degradación de muchos de los recursos naturales,

irracional inversión en la ubicación de infraestructura, de asentamientos en zonas de riesgo y demás problemas que afectan la calidad de vida de la población; la búsqueda de la equidad en el desarrollo integral de la población; y la necesidad de lograr la funcionalidad de las ciudades.

Las potencialidades y restricciones de utilización del territorio, en el caso de las ciudades, se definen en función del medio natural y conforme a las modificaciones introducidas por la acción humana. Primero se determinan por las características de los ecosistemas y recursos naturales presentes al interior de la ciudad, de las probables zonas de expansión y de los rasgos intrínsecos del lugar de emplazamiento de éstas.

El deterioro ambiental de los espacios urbanos, causados por la degradación de los ecosistemas periféricos y los patrones de ocupación dispersos y desordenados, tiene efectos considerables en la disponibilidad de recursos naturales y servicios ambientales para la ciudad, en el grado de exposición o incremento de la vulnerabilidad a las amenazas naturales, en la calidad ambiental y en el valor escénico de los paisajes, entre otros.

En términos de planificación la Constitución Política colombiana presenta bases y elementos conceptuales tendientes a comprender el ordenamiento territorial como instrumento de integración del espacio, concebido desde una perspectiva de descentralización y autonomía de las entidades territoriales, la división político-administrativa, las funciones y competencias de las entidades territoriales, la creación de las entidades nuevas territoriales, la diversidad cultural, la preservación del medio ambiente, la participación y el desarrollo económico.

En la tabla 9 se indica el articulado de la Constitución colombiana que enmarca el ordenamiento territorial en cada uno de las perspectivas.

TABLA 9. El Ordenamiento territorial en la Constitución Colombiana.

Hacia el régimen territorial	Sobre patrimonio cultural y étnico	Sobre desarrollo territorial equilibrado	Participación social	Sobre la autonomía de las entidades territoriales
La asignación de competencias normativas de las entidades territoriales en el ordenamiento territorial (Art.151 Constitución Política C.P)	Art. 7. C.P. Reconocimiento y protección a la diversidad étnica y cultural de la Nación.	Propender por el acceso progresivo a la propiedad de la tierra para los trabajadores agrarios en forma individual o asociativa. Art. 64. C.P.	Art. 103-106. C.P. Formas de participación democrática.	El ámbito de funcionamiento de las corporaciones autónomas regionales CARs, estas pueden rebasar los límites de un departamento, según La Constitución art. 306 y 307 al referirse a región como entidad administrativa y de planeación o entidad territorial, haciendo alusión a la unión de dos o más departamentos con el fin de lograr un mayor desarrollo social y económico y éste unido a la protección del medio ambiente va más allá de los límites territoriales.
Organización y división territorial. “Fuera de la división general del territorio habrá las que determine la ley para el cumplimiento de las funciones y servicios a cargo del Estado”. (Art. 285. C.P.)	Art. 8 y 72. C.P. Protección de la riqueza cultural y natural.	Propender por distribución y localización ordenada de las actividades y uso en el espacio, en armonía con el medio ambiente. Art. 80 C.P.	La ley 9 de 1989, Ley de Reforma Urbana, que define los criterios para la localización de las actividades en zonas urbanas (modificada por la ley 388/97).	Código Penal: ilícito aprovechamiento de recursos biológicos, Art. 242; Invasión de áreas de especial importancia ecológica, Art. 243; Exploración o explotación ilícita minera y petrolera. art. 244; Manejo ilícito de microorganismos nocivos, art.245; Omisión de información de la presencia de plagas por enfermedades infectocontagiosas en animales o en recursos forestales, art.245; Contaminación ambiental atmosférica, suelo, subsuelo, aguas o demás recursos naturales
Son entidades territoriales los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas. (Art. 286.C.P.)	Art. 79. C.P. Derecho a gozar de un ambiente sano.	“La producción de alimentos gozará de la especial protección del estado..., así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras”. Art. 65 C.P.	La ley 60 de 1993 Competencias y recursos de las entidades territoriales.	

Hacia el régimen territorial	Sobre patrimonio cultural y étnico	Sobre desarrollo territorial equilibrado	Participación social	Sobre la autonomía de las entidades territoriales
Competencias de entidades territoriales "La ley orgánica de ordenamiento estableció la distribución de competencias entre la Nación y las entidades territoriales. (Art. 288.C.P.)	Art. 63. C.P. " Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás que determine la Ley son inalienables, imprescriptibles e inembargables."		La ley 128 de 1994, por medio de la cual se expide la Ley orgánica de Las Áreas metropolitanas	
Requisitos para la formación de nuevos departamentos. (Art. 297.C.P.)			La ley 136 de 1994, Régimen de municipio; define las normas sobre el funcionamiento de los municipios.	
Creación de municipios. (Art. 300.C.P.)			La Ley 152 de 1994 Ley Orgánica del Plan de desarrollo, en su art. 41 faculta a los municipios para la formulación de los planes de Ordenamiento territorial, con el apoyo de los departamentos y los instancias nacionales desarrolladas por la ley 388/97.	
Requisitos para la conversión de la región en entidad territorial. (Art. 307.C.P.)			La ley 388 de 1997 (Art. 24 numeral 1) señala la conservación de medio ambiente.	
El municipio "... le corresponde prestar los servicios público que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio..."			En el Art. 65 de la ley 99/93 se establece que le corresponde a los municipios: •Adoptar los planes, programas y proyectos de	

Hacia el régimen territorial	Sobre patrimonio cultural y étnico	Sobre desarrollo territorial equilibrado	Participación social	Sobre la autonomía de las entidades territoriales
(Art. 311.C.P.)			<p>desarrollo ambiental y de los recursos naturales renovables que hayan sido discutidos y aprobados a nivel regional, conforme a las normas de Planificación ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Participar en la elaboración de planes, programas y proyectos de desarrollo ambiental y de los recursos naturales renovables a nivel departamental. •Colaborar con las corporaciones autónomas regionales en la elaboración de los planes regionales y en la ejecución de programas, programas y proyectos necesarios para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables 	
			<p>En la ley 99/93 se establecen las competencias a los municipios en materia de planificación, de manejo y de protección ambiental, que compromete el ordenamiento territorial.</p>	

Fuente, elaboración propia a partir de la normatividad colombiana. 2008

El Plan de Ordenamiento Territorial POT es un instrumento que cada sociedad desarrolla para priorizar la acción del gobierno y para estimular o actuar sobre el futuro que quieren los ciudadanos; deberá constituir un gran pacto entre la administración los inversores privados y los ciudadanos, que defina rutas de trabajo colectivos para construir dicho futuro, así mismo que establezca el qué, el cómo y el cuándo.

En los POT el espacio, a través de estrategias de uso y ocupación, se convierte en un articulador de objetivos económicos, sociales, ambientales y administrativos que racionalizan las actuaciones sobre los territorios, para su desarrollo y aprovechamiento sostenible. El POT debe ser planificado, multidimensional, prospectivo, coordinado y democrático, y en términos que expresen sus planteamientos, los cuales deben ser flexibles y continuos en el tiempo.

El proceso planificador está sujeto a (1) un diagnóstico territorial que conduzca a una prospectiva territorial y a la elaboración de un modelo territorial a futuro; (2) una planificación territorial con sus respectivas las etapas de formulación, discusión y aprobación del plan; y (3) también estará sujeto a una gestión territorial referida a la ejecución y control.

Igualmente debe ser multidimensional, porque considera las dimensiones espacio-temporal, económica, socio-cultural, ambiental y político-administrativa; prospectivo, porque se diseña y construye para escenarios futuros; coordinado entre los entes territoriales y las políticas sectoriales que se desarrollen en territorio, y con una continuidad temporal; democrático ya que una de sus principales políticas es su legitimación, la cual se logra con la participación de los diferentes grupos sociales y actores del territorio. Estos escenarios creados por los planes deberán generar acuerdos que trasciendan los intereses particulares y sectoriales a fin de que prime el interés común sobre el particular (CAMACOL y CORANTIOQUIA, 2000).

Colombia se considera en términos de abundancia hídrica relativa como el cuarto país más rico en recursos hídricos del mundo. Esta riqueza se manifiesta en una extensa red fluvial, donde las cuencas hidrográficas tienen diferente capacidad de regulación, ya que van desde muy alta hasta muy baja.

En Colombia, el agua pasa por una compleja red hídrica de 750.000 microcuencas, articulada a un complejo de ambientes acuáticos cercanos a 1.600 lagunas, lagos y embalses, los cuales representan cerca de 5.450.000 ha., almacenando un volumen estimado de 26.300 millones de m³ de agua.

La oferta hídrica en Colombia se establece por regiones hidrográficas en cinco macrocuencas: del Pacífico, del Caribe, del Catatumbo, del Orinoco y del Amazonas. La disponibilidad es específica para cada región, dentro de la cual la distribución del agua es heterogénea, los factores climáticos y socio-culturales son diversos al igual que la apropiación del territorio.

En algunas regiones del país se presenta un rápido crecimiento de la población, con incremento de la población pobre, y concentración en las ciudades; entre tanto, en las zonas rurales la población crece muy poco, se estanca o hasta decrece; situación que genera desequilibrios territoriales y sociales.

La población en cuanto a las relaciones productivas y sociales, el tamaño y las perspectivas de crecimiento y la distribución territorial, y agua en cuanto a los diferentes usos, las tecnologías de manejo, se constituyen en factores poblacionales que inciden en la oferta y la demanda del agua. El aumento de la población en zonas urbanas genera zonas marginales, asentamientos en áreas de riesgo, deterioro de medio ambiente y, en especial, del recurso agua en cuanto a su cantidad y calidad; alterando la oferta y la demanda del agua.

La disponibilidad del agua determinada por los factores climáticos, el ciclo hidrológico, las zonas de vida, no es la misma, su distribución varía en el espacio y en el tiempo según los procesos naturales y antrópicos.

El tipo y la densidad poblacional, y la estructura productiva afectan la disponibilidad del agua cambiando las condiciones biofísicas de los ecosistemas, generando conflictos ambientales y en consecuencia alterando los volúmenes del líquido.

La disponibilidad promedio del recurso hídrico a nivel nacional (República de Colombia) es aproximadamente es de 58 litros por segundo por kilómetro cuadrado, correspondiente al caudal específico de escorrentía superficial, generado por 3.000 mm/año que es la precipitación media anual, la cual dobla el promedio en Sudamérica y cuadruplica el promedio mundial anual. Sin embargo, no todas las regiones gozan del recurso en forma permanente, pues existen grandes zonas que presentan escasez como la península de La Guajira, por ejemplo.

El 66% de los pobladores en Colombia está asentado entre los 1.000 y 3.000 msnm. con usos en agricultura e industria, generando vertidos y residuos desechos, lo produciendo contaminación y por ende una presión sobre el recurso agua. Es de anotar que el 62% de la oferta hídrica se presenta por debajo de los 1.000 msnm. correspondientes al 56% del territorio nacional, zonas susceptibles de inundaciones como consecuencia de la deforestación en la alta y media montaña.

La ubicación de la población en las diferentes alturas incide en los cambios del régimen hídrico; principalmente por sus actividades de producción económica y reproducción social, la mayoría de las veces insostenibles.

Los páramos, ecosistemas de alta montaña, son muy frágiles, son complejos y variados, presentan diferentes configuraciones, biomas, fisonomías, estructuras, herencias y fisonomías. Estos territorios son ampliamente intervenidos por la actividad antrópica, a través de su ocupación y su desarrollo económico; se considera que, por lo menos, el 60% del área actual de páramo es utilizada en actividades sociales de producción (Molano, 1995).

La política de Bosques (Documento Conpes No. 2.834 de enero de 1996) en relación con el agua, busca contrarrestar la deforestación e incentivar la reforestación. Además formula acciones concretas para el manejo integral de cuencas. Con la adopción de este Documento se formula un nuevo régimen para el aprovechamiento de los bosques y para el establecimiento de plantaciones.

Para el manejo integral de los ecosistemas estratégicos se han suscrito convenios interadministrativos para adelantar acciones concretas en los siguientes aspectos: Acciones de recuperación y manejo del complejo deltaico estuario del río Magdalena-Ciénaga Grande Santa Marta, Ordenamiento, conservación y manejo integral en la Sierra Nevada de Santa Marta, Recuperación de la navegabilidad del río Meta y el manejo integral de la cuenca. Recuperación y manejo de la bahía de Cartagena y Canal del Dique.

En cuanto a la Estrategia de Mejores Ciudades se ha adelantado el Estudio Sectorial sobre Residuos Sólidos, en el cual se destaca el impacto presentado por el inadecuado manejo de los lixiviados sobre las aguas superficiales. Se ha brindado asistencia técnica y acciones de fortalecimiento institucional para mejorar la gestión ambiental en los grandes centros urbanos y otras ciudades a fin de facilitar la gestión ambiental del recurso hídrico.

En el programa de la estrategia *Equilibrio del Comportamiento Poblacional* se encuentra iniciado el estudio para la formulación de una política de población y de colonización, que necesariamente está ligada al manejo del recurso hídrico.

En la estrategia de Producción Limpia se definieron para el recurso agua los criterios de evaluación ambiental de obras y proyectos que determinan, dentro de su integridad, planes de manejo, medidas de mitigación y corrección, y programas de contingencia.

En el mismo sentido se han suscrito convenios intersectoriales con los diferentes gremios de la producción, así como con las diferentes instituciones gubernamentales, a todo nivel, con el fin de concertar metas y objetivos en la producción limpia, como son los convenios específicos en la zona de Mamonal, del valle de Aburrá, sectores de los mataderos, industria de pulpa y papel y de artes gráficas, que contribuirán a lograr una mejor calidad del recurso agua al disminuir el impacto producido por dichas actividades.

En la estrategia Mejor Agua se ha concebido y formulado la Estrategia Nacional del Agua para la administración de los recursos hídricos del país. El marco conceptual de la estrategia se fundamentó en la definición de la relación oferta-demanda de los recursos hídricos tanto a nivel nacional como regional. También se dio inicio a la contratación de estudios con énfasis en la protección, preservación y uso eficiente del recurso agua. Por otro lado, se han planteado lineamientos conceptuales para que el Estado pueda garantizar la sostenibilidad del recurso.

Referente a los ecosistemas de páramo (alta montaña en la zona andina) se han preparado consultorías específicas y se ha sometido a consenso público y proyecto de resolución para la recuperación, recuperación y manejo de estos ecosistemas.

Se dispone de avances significativos en la adopción de una reglamentación que unifique las disposiciones que tienen que ver con el recurso agua y su manejo integral. El IDEAM está formulando y promoviendo una doctrina del manejo del agua, adelanta la estructuración, consolidación y puesta en marcha del componente hidrológico que integra el Sistema Nacional de Información Ambiental y presta apoyo técnico al Ministerio del Medio Ambiente, al SINA, al Gobierno Nacional y a la sociedad en general.

Se cuenta con la base de datos y la sistematización de la información hidrológica superficial, con registros desde 1934, disponible en forma horaria, diaria, mensual, anual multianual y decadal. Se desarrolló el software y se sistematizó la información para la edición final del Atlas Hidroclimatológico. Igualmente se elaboró el balance hídrico nacional para el proceso de edición final.

Se cuenta con avances en el diseño y ejecución de los programas de investigación básica y aplicada, principalmente en lo que tiene que ver con la caracterización y regionalización hidrológica para las diferentes zonas y sub-zonas hidrográficas del país; modelación y caracterización de las zonas inundables y desarrollo de una metodología para la elaboración de mapas de riegos y amenazas.

En el programa Mares y Costas limpias se han propuesto diferentes acciones tendientes a impulsar el ordenamiento ambiental costero y a participar activamente en el ámbito internacional. También se ha expedido la reglamentación y se han proporcionado los términos de referencia para el manejo y la conservación de los manglares.

Como acciones instrumentales, en el Plan Ambiental se han previsto acciones instrumentales para la gestión del agua que resaltan la importancia del fortalecimiento institucional, como la planificación, el ordenamiento territorial y la cooperación global.

Se cuenta con instrumentos jurídicos, económicos, administrativos y de inversión que permiten a los administradores del agua se apropien de valiosas herramientas para su mejor gestión.

Se ha reconocido la importancia de los espacios naturales que aportan al mantenimiento del ciclo hidrológico y se hacen propuestas para la sostenibilidad de estos ecosistemas, como por ejemplo los ecosistemas de páramos de los Andes.

3. ABASTECIMIENTO, GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA EN ÁMBITOS URBANOS

*"Emerge una forma social y espacial:
la ciudad informacional.
No es la ciudad de las tecnologías de la información
profetizada por los futurólogos.
Ni es la tecnópolis totalitaria denunciada por la nostalgia del tiempo pasado.
Es la ciudad de nuestra sociedad,
como la ciudad industrial fue la forma urbana de la sociedad que estamos dejando.
Es una ciudad hecha de nuestro potencial de productividad
y de nuestra capacidad de destrucción, de nuestras proezas tecnológicas
y de nuestras miserias sociales, de nuestros sueños y de nuestras pesadillas.
La ciudad informacional es nuestra circunstancia".*

MANUEL CASTELLS.
La ciudad informacional.
Tecnologías de la información,
estructuración económica
y el proceso urbano-regional.
Madrid: Alianza Editorial, 1995.

El interés por la gestión adecuada del agua comienza en la década de los 70, del siglo pasado, dentro del contexto de las decisiones adoptadas en la Conferencia de Naciones Unidas realizada en Estocolmo en 1972, en donde se estableció el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Después, en 1987 se difundió el informe de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, que contribuyó a incrementar la conciencia ambiental sobre el papel fundamental del agua para el desarrollo.

La gestión eficiente del agua se convierte en un factor determinante para el desarrollo territorial sostenible. Eso implica consideraciones desde las perspectivas demográficas, urbanísticas y económicas, y actuaciones en términos de la mejora en la gestión y del suministro de agua de calidad, conforme a los futuros desarrollos y posibles cambios en el uso del suelo que afectan a la demanda del recurso.

Garantizar más agua, de mejor calidad y en el menor plazo posible, requiere actuar sobre el ahorro y la eficiencia en la distribución y el abastecimiento.

El crecimiento de la población, la transformación de los estilos de vida y el desarrollo económico de los países en desarrollo han acentuado la presión sobre los recursos hídricos. A esto se suman los problemas medioambientales, en especial el cambio climático, que incide en las tensiones, especialmente por la disponibilidad del recurso en períodos críticos de escasez. Asimismo, la mala gestión de los recursos hídricos puede ser fuente de conflictos.

3.1 TENSIONES POR EL AGUA: AGRICULTURA ALIMENTACIÓN Y DEMANDA URBANA.

El agua es un derecho de todo ser humano según reconoce la ONU, que establece que cada persona necesita de un mínimo de 20 litros diarios; para lograrlo señala que se deberá llegar a un modelo de mercado en el que no se haga negocio de la necesidad.

La demanda de agua se duplica cada 20 años, situación que se agrava por la distribución desigual del recurso. El 60% del agua se localiza en seis países (Estados Unidos, Canadá, Brasil, Rusia, Indonesia y China); el 40% restante se encuentra en 80 países, los cuales se enfrentan a grandes dificultades hídricas.

En Latinoamérica se presenta, paradójicamente, una escasez de agua en medio de la abundancia; más de 130 millones de personas carecen de suministro de agua potable, evidentemente el problema no es de escasez física de agua sino de gestión y administración del recurso. En África, con un 13% de la población mundial, el 40% de los conflictos armados se generan por el recurso hídrico; mujeres y niños deben recorrer enormes distancias para recoger el agua, de acuerdo con un informe de Manos Unidas señala Flylosophy (2007).

En China e India, en la medida en que mejoran sus condiciones de vida, aumentan los consumos de agua de manera alarmante; entretanto, en Estados Unidos se derrocha el agua al punto de gastar 1.000 l/hab/día, el precio es más barato y no hay conciencia de ahorro. En Europa, donde se consume el 70% del agua, la mitad se derrocha en sistemas de irrigación poco eficaces.

Se prevé para el año 2025 que 3.400 millones de personas sufrirán escasez de agua. Se ha recomendado un consumo por persona de 50 litros diarios, pero podrá reducirse a 30,50 litros para beber y cocinar y 25 para higiene. Sin embargo los norteamericanos gastan 500 litros/día, los españoles 200, frente a los gambiaños que sólo consumen 4,5 litros/día (Bolaños, 2006).

El desarrollo económico del último siglo ha incidido dramáticamente en el deterioro de la calidad y cantidad del agua. De seguir con este ritmo se presentará una gran distancia entre la demanda y la disponibilidad, con el

riesgo de producirse, a escala mundial, una crisis del agua, que afectaría los suelos, las tierras cultivables, los bosques, los mismos cuerpos de agua ocasionando déficit en la producción de alimentos y energía con las consecuentes alteraciones en la economía y las poblaciones de los países (Delgado y Esteller, 2000).

Situaciones similares ocurren ya en diferentes países del mundo; tal es el caso del acuífero del valle de México, de donde se surte el área metropolitana de la Ciudad de México, con consecuencias como el abatimiento de los niveles freáticos, el hundimiento de terrenos, deterioro de la calidad del fluido y el crecimiento de la vulnerabilidad por la contaminación (Delgado & Esteller, 2000).

El deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas es cada vez mayor, debido principalmente a la descarga directa de aguas contaminadas de origen doméstico, industrial y agrícola a las fuentes de agua, las cuales, a su vez, son utilizadas por las comunidades para satisfacer necesidades básicas.

Algunas cifras resultan alarmantes con respecto a la disponibilidad y despilfarro: el 80% del consumo de agua se utiliza en la agricultura, el 14% se destina al consumo personal y el restante 6% al uso industrial. De acuerdo con Naciones Unidas, el 20% de la población mundial (1.100 millones de personas) no tienen acceso al agua potable y otros 2.600 no disponen de sistemas reabastecimiento. Esto provoca 1,7 millones de muertos anuales por diarrea; situación que requiere de actuación inmediata en términos de la gestión de los recursos hídricos sostenibles.

El Banco Mundial calcula que ordenar recursos y distribuir el agua de manera justa cuesta 600 mil millones de dólares. Será entonces necesario invertir este dinero y gestionar el agua como un bien común y patrimonio de todos o, de lo contrario, viviremos en un mundo seco.

No sólo de los ríos se abastece de agua la humanidad. Los acuíferos y las aguas subterráneas son la esperanza de muchas zonas.

La gestión eficiente del agua y su uso racional exigen un análisis global del entorno y del territorio. La mejor política de gestión sostenible del agua debe ir acompañada de un modelo territorial sostenible que incluya medidas de fomento del ahorro de agua en todos los sectores. No hay gestión del agua sin gestión del territorio, por eso la planificación hidrológica y del territorio deben ser un binomio indisoluble. En la sinergia ordenada de este binomio está la clave indisoluble del desarrollo sostenible (Peñas, 2006).

La preocupación por los recursos y el medio ambiente ha ganado importancia a escala internacional. Las conexiones entre el recurso agua y los conflictos violentos no son pocas; este elemento puede constituirse tanto en fuente de disputa como objetivo militar. La historia tiene muchos casos al respecto y se estima que estas tensiones tienden a aumentar; sin que hasta el momento haya manifestaciones del derecho y las instituciones internacionales para resolver el conflicto (Gleick, 1991).

La seguridad medioambiental es, como señalara Gleick en 1991, uno de los asuntos más controvertido en el campo de la seguridad internacional, en buena parte como resultado del interés por las cuestiones internacionales de orden ambiental y el declive de la Guerra Fría.

Existe un cierto desacuerdo acerca del peso que debe tener el análisis de los problemas medioambientales cuando afectan la seguridad internacional, ligado esto a las controversias sobre la aplicabilidad de métodos de análisis y solución de conflictos internacionales. Las amenazas a la seguridad suponen incluir problemas sociales, políticos, económicos y ecológicos que disminuyan la calidad de vida, lo cual aumenta las tensiones entre grupos nacionales conduciendo a conflictos violentos.

Las relaciones entre el agua y los conflictos violentos generan tensiones que aumentan cuando para mejorar la calidad de vida de una población se incrementa la demanda de agua dulce, que altera y dificulta el abastecimiento y la calidad del recurso.

Las condiciones geográficas conducen a una realidad geopolítica; ríos y fuentes de agua se reparten entre dos o más países, generando disputas; son por ejemplo los casos del Nilo, el Jordán, el Litani y el Eúfrates en el Oriente, y el Colorado, el río Grande y el Paraná en América. En la medida en que las comunidades crecen, se presenta mayor desarrollo en agricultura y economía y, por lo tanto, más demanda y presión por los recursos, lo que agrava la situación del conflicto internacional en las regiones que presentan escasez de dicho recurso.

El agua y los sistemas de abastecimiento han sido causa de guerras. Por vías política y militar se ha interrumpido el uso de agua compartida; los sistemas de suministro han sido utilizados como instrumentos y objetivos bélicos. Las fuentes de provisión han jugado un papel en la génesis de fenómenos de expansionismo militar, y la desigualdad de usos del agua ocasionan fricciones y tensiones internacionales. Aunque no todos los conflictos entre naciones por el agua, acaban en forma violenta, las discusiones se agudizan cuando el recurso escasea, en particular, en los casos en los que el agua constituye factor estratégico para el desarrollo agrícola y económico de una región.

El cambio climático global puede afectar de diversas formas a la disponibilidad de agua. Esto podría aumentar las tensiones y presiones entre naciones, problemas relacionados con sequías, inundaciones, de generación de energía, de pérdidas económicas; pero, quizá, el efecto más importante consiste en el aumento de la incertidumbre general asociada a la gestión y al abastecimiento de agua.

3.1.1 Las necesidades de agua en la producción de alimentos para el abastecimiento de la población

Las necesidades humanas y animales de agua son relativamente bajas; una persona consume aproximadamente cuatro litros al día, pero producir los alimentos diarios para esa misma persona puede necesitar alrededor de 5.000 litros de agua. Por eso la producción de alimentos y fibras vegetales requiere la mayor proporción de agua dulce de origen natural para consumo humano o cerca del 70 por ciento del agua que se extrae (FAO, 2003).

El concepto de “agua virtual” correspondiente al agua necesaria para la obtención de un producto es un asunto que se viene investigando y se convierte en una posible alternativa para los países con pocos recursos hídricos, pero con recursos económicos que les permiten adquirir en el mercado esos productos y no gastar agua en producirlos.

El regadío como actividad agraria, en general, tiene apoyo y legitimidad social, pues muchos países del mundo con problemas de pobreza y escasez de agua ven en el riego la posibilidad del desarrollo, por lo que ha predominado un tipo de política eminentemente hidráulica. Sin embargo, esta necesidad se entiende en dicho marco de pobreza y ruralidad de tiempos pasados, pero en este nuevo siglo se produce un importante crecimiento de la superficie total regada, y no necesariamente en las países mas pobres, sino, por el contrario, en aquellos que ya lograron su desarrollo económico, situación favorecida, en buena parte, desde la iniciativa privada pero también con promoción pública. Este hecho genera grandes diferencias de productividad, de empleo y de eficiencia en el uso de los recursos, entre las diferentes zonas del planeta y la falta de racionalidad económica y social de

varios de los proyectos de regadío existentes. Será necesario entonces diferenciar entre aquellas agriculturas que generan mucho o poco empleo, en agriculturas rentables o ruinosas, en explotaciones de supervivencia de zonas rurales o que transfieren las rentas subvencionadas a los grandes núcleos urbanos regionales y extrarregionales, o agriculturas compatibles o no con los requerimientos ambientales (Peñas, 2006).

Según el informe de la FAO Agricultura mundial, para el periodo 2015-2030 se pronostica que la producción de alimentos necesitará incrementarse un 60% para acabar con la desnutrición, atender el crecimiento de la población y adaptarse a los cambios alimentarios en los próximos 30 años. Se prevé un incremento de la extracción de agua para la agricultura del 14% en ese período, lo que representa una tasa anual de crecimiento del 0,6%, en comparación con el 1,9% del período 1963-1999. Gran parte del incremento corresponderá a las tierras cultivables de riego, cuya expansión mundial se calcula que pasará de 2 millones de kilómetros cuadrados a 2,42 millones de kilómetros cuadrados. En un grupo de 93 países en desarrollo, se estima que la eficacia de la utilización del agua para riego –es decir, la relación entre el consumo agrícola del agua y el volumen total del agua que se extrae– aumente, de 38% de media, a 42%.

El agua es el principal recurso para la producción de alimentos, esto exige el desarrollo de técnicas agrícolas y variedades que optimicen su aprovechamiento, y la construcción de obras de infraestructura que acerque los sistemas de regadíos a las zonas agrícolas. Lo cual requiere que en cada región se haga un inventario de recursos hídricos que permita a planificadores identificar las zonas potenciales irrigables y los niveles posibles de explotación agrícola. (Palacios, 2007)

Habría que pasar de lo que la FAO denomina "una cultura de gestión del suministro" a otra de "gestión de la demanda". Este modelo basado en el suministro fue pie de la mayor parte del desarrollo de los recursos hídricos en los últimos 50 años, cuando grandes instituciones nacionales o estatales establecieron extensas zonas de riego. Pero sus resultados no fueron tan buenos en la gestión de esos sistemas una vez establecidos. La toma de decisiones comúnmente era vertical y burocrática, y dejaba a los usuarios finales poca flexibilidad para definir sus pautas agrícolas, calendarios y programas de suministro de agua.

Con frecuencia, un suministro de agua poco fiable obligaba al usuario a explotar en exceso los mantos freáticos. En el decenio de 1980 se hizo palpable que muchos programas de riego se habían convertido en una carga para los presupuestos nacionales y que degradaban el medio ambiente, según los propios estudios de la FAO.

Las experiencias de las asociaciones locales de usuarios en el período de los años 1990 permiten, hoy día, a los agricultores ser más participativos en la toma de decisiones y en los gastos de operación y mantenimiento de los sistemas de irrigación. "Una de las principales prioridades de la modernización es evaluar las condiciones materiales del sistema de irrigación y determinar las opciones prácticas para avanzar hacia un servicio más fiable y flexible de suministro del agua y adaptarse a una demanda variable de servicios hídricos", dice el documento referido de la FAO. Entonces corresponde a los usuarios decidir qué nivel de servicio requieren y cuánto están dispuestos a pagar.

Sin embargo, la gestión del agua en el nuevo siglo no sólo le corresponde a la producción agrícola. Se explica en el documento: "Si bien el objetivo específico es proporcionar un suministro de agua más fiable y adecuado para los cultivos, la gestión siempre producirá significativas repercusiones en las actividades económicas, los

procesos ambientales y la salud de la población". Como la industria, la agricultura está bajo presión para reducir los efectos de sus "externalidades negativas", en particular las asociadas a la aplicación de fertilizantes y plaguicidas (FAO, 2003).

Asimismo, las cuestiones ambientales deben formar parte de la modernización en la utilización y la gestión del agua. Pues una gestión exclusivamente centrada en los cultivos será insostenible desde el punto de vista económico y ambiental. Se precisa la incorporación de la dimensión ambiental en actividades y obras de extracción de ríos y lagos y la construcción de infraestructura de riego que desplazan infaliblemente a las tierras húmedas que constituyen, por sí mismas, componentes muy productivos de los sistemas agroecológicos. El drenaje causado por la irrigación a menudo se traduce en pérdida de calidad del agua, propagación de enfermedades relacionadas con el agua y degradación del suelo por anegamiento y salinización. Lo que será necesario evaluar no sólo en términos económicos sino ambientales, ecológicos y sociales.

El enfoque geoísta busca un equilibrio entre: por una parte, la expansión de una imprescindible agricultura modernizada y no subvencionada, que minimice los impactos medioambientales y, por otra parte, la generación de empleo alternativo y un hábitat adecuado para los campesinos desplazados por la maquinaria (Lamela, 2007)

Se requiere un reconocimiento de la viabilidad socioeconómica de zonas rurales, a través de la creación del capital social necesario para la gestión de los sistemas de irrigación y la expansión del transporte y la infraestructura de mercado para la venta de los productos agrícolas. Entre los efectos ambientales positivos de la irrigación se encuentran: la creación de humedales artificiales, microclimas y la biodiversidad asociada a estos. La gestión agraria de la agricultura de secano

ayuda a combatir la erosión del suelo y a proteger las zonas bajas de las inundaciones. "Reconocer la diversidad y amplitud de estas externalidades es fundamental para el desarrollo sostenible", apunta el estudio en mención.

La gestión del agua en la agricultura puede hacerse, según señala la FAO, a través de un planteamiento estratégico del fomento de los recursos disponibles de tierras y agua, que permita tanto satisfacer la demanda de productos alimenticios y agrícolas, así como una mayor conciencia de los beneficios productivos que se pueden obtener mediante un uso inteligente del agua.

Se hace necesario además garantizar a los agricultores y a las familias campesinas una "relación estable" con los recursos agrarios e hídricos, es decir, derechos de tenencia de las tierras y de utilización del agua suficientemente flexibles para promover la ventaja comparativa de producir alimentos básicos y cultivos comerciales. Derechos que requerirán del apoyo económico y financiero, además de difusión de tecnología y buenas prácticas en la utilización del agua. También se necesita adecuar las estrategias de gestión, abandonando los sistemas tradicionales de irrigación para adoptar tecnologías que beneficien a los sectores pobres y sean accesibles (FAO, 2003).

Palacio (2007), señala la apertura real de los mercados agrícolas de las naciones desarrolladas a los productores de los países en desarrollo, como una de las directrices para mejorar la seguridad alimentaria mundial. En esta misma línea la implementación de un sistema de precios agrícolas que consideren los costos reales, incluidos los costos ambientales. Otras directrices en el mismo sentido son: potenciar la agricultura de base familiar, favorecer las técnicas agrícolas con altos rendimientos de mano de obra, ordenar las superficies aptas para el cultivo, asegurar la disponibilidad de materias primas para la agricultura

en zonas de población con bajo poder adquisitivo, racionalizar el empleo de fertilizantes, evaluar la disponibilidad de agua que se pueda ser en forma sostenible, favorecer la aplicación de las nuevas tecnologías al desarrollo de nuevas variedades para países en desarrollo, ordenar los espacios valiosos.

De acuerdo con el crecimiento demográfico –alrededor de 8.300 millones de personas para el año 2030– la agricultura tendrá que adaptarse a la modificación de las pautas de la demanda de alimentos, combatir la inseguridad alimentaria y la pobreza en las zonas rurales y competir por los escasos recursos hídricos con otros usuarios. Para satisfacer dichas exigencias, la FAO considera que las políticas agrícolas tendrán que liberar el potencial de las prácticas de gestión del agua para incrementar la productividad, promover un acceso equitativo al agua y conservar los recursos básicos. Para lo cual se propone una estrategia para "reinventar" la gestión del agua en el sector agrícola, a partir de la modernización de la infraestructura de riego y las instituciones pertinentes, la plena participación de los usuarios del agua en la distribución de los costos y los beneficios, y el impulso a la escasa inversión en sectores decisivos de la cadena de la producción agrícola.

El considerable incremento de la productividad agrícola de los últimos 50 años ha protegido al mundo de catastróficos episodios de escasez de alimentos y del peligro de hambrunas de masas. Es de anotar que la gestión del agua, tanto en la agricultura de secano como en la de regadío, fue decisiva para lograr ese incremento, constituyó uno de los principales elementos de las técnicas de la revolución verde basadas en la aplicación de fertilizantes y la utilización de variedades de gran rendimiento, y contribuyó a incrementar la productividad –la "producción por gota"– alrededor del 100% desde 1960. No obstante para los próximos 30 años los retos son otros.

En el caso del sistema de riego, la FAO plantea que con la ayuda de programas de modernización se obtendrá el valor pleno de los costos no recuperables y se reducirá la presión sobre los fondos públicos. Las estrategias de modernización deberían transformar los rígidos sistemas de mando y control en sistemas mucho más flexibles de suministro de servicios. La agricultura debería –y puede– asumir sus responsabilidades ambientales con mucha más eficacia, reduciendo al mínimo los efectos ambientales negativos de la producción de regadío y tratando de restablecer la productividad de los ecosistemas naturales.

La política y la inversión de los gobiernos deben ayudar a los mercados locales de productos agrícolas a ser más eficaces en la satisfacción de la demanda local, es decir, invertir en bienes públicos decisivos, como carreteras y almacenamiento, así como en capacidad institucional, pero también exigir una mayor participación de la inversión privada en gran escala.

La FAO señala “tres temas decisivos” en la gestión del agua para la agricultura en los próximos años:

- **Modernización:** "Donde la irrigación presente una ventaja comparativa, las instituciones pertinentes necesitan adoptar una orientación de servicio y mejorar el desempeño económico y ambiental, por ejemplo, mediante la adopción de nuevas tecnologías, modernización de la infraestructura, aplicación de firmes principios administrativos y promoción de la participación de los usuarios. La tarea central de proporcionar servicios de irrigación debe asociarse más estrechamente a la producción agrícola, y a las necesidades de otros usuarios de la cuenca".

- **Participación:** "Puede resultar difícil negociar la distribución de los beneficios de una base común de recursos naturales, pero el provecho económico puede ser considerable si se permite realizar transferencias flexibles de tierras y agua, en un ámbito normativo bien estructurado. Estas iniciativas sólo pueden dar buen resultado si existe un sólido compromiso con la participación del usuario en la planificación y en las decisiones de inversión, así como con la distribución plena y abierta de la información económica y ambiental".
- **Inversión:** "Los incentivos para que inviertan las personas y los grupos de usuarios en gestión del agua requieren presentar una clara ventaja comparativa, de servicio tanto a los mercados locales como a los de exportación. Se necesita una mezcla de microcrédito para los pequeños propietarios, crédito comercial bien reglamentado para los agricultores nuevos y en gran escala, y financiación favorable para la infraestructura pública en gran escala".

3.1.2 Planificación hidrológica

El agua como recurso vital hace que sea especialmente importante alcanzar un equilibrio adecuado entre los diferentes usos que la requieren. Este equilibrio debe mantenerse en el largo plazo, considerar tanto la necesidad de legar a las generaciones futuras unos recursos que les permitan vivir en las mismas condiciones que las actuales como para proporcionar una seguridad jurídica que dé garantías de su utilización a futuro. En este sentido, le corresponde a la planificación establecer el vínculo entre la situación actual, y un futuro ordenado y lógico donde se combine un aprovechamiento racional de los recursos hídricos con la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los ecosistemas y la planificación hidrológica se concibe como instrumento fundamental para la gestión sostenible del agua.

Dentro de las directrices básicas de la planificación hidrológica figuran: la designación de la cuenca hidrográfica como ámbito básico de gestión y planificación; la recuperación de los costes, incluyendo los ambientales y los relativos a los recursos detraídos; el desarrollo de análisis económicos coste-beneficio para las alternativas; el establecimiento de una política de precios que estimule el ahorro y el uso racional del recurso, esta política tomará en consideración los costes correspondientes a cada sector y el principio de quien contamina paga. Asimismo podrán incorporarse a la definición de estos precios otros criterios ambientales, sociales o territoriales (Sánchez y Martínez, 2008).

La planificación hidrológica tiene como objetivo el equilibrio adecuado a largo plazo entre los diferentes usos del agua, entendiendo usos en un sentido amplio que incluye como fundamental la satisfacción de las propias necesidades del ecosistema fluvial. Conforme, y de acuerdo con José María Piñero Campo, se pueden identificar las siguientes tareas específicas:

- Satisfacción a largo plazo de las necesidades básicas de la población ligadas al agua (abastecimiento, salud y alimentación).
- Satisfacción a largo plazo de las necesidades básicas de los ecosistemas ligados al agua (ecosistemas fluviales, acuíferos, humedales).
- Satisfacción de necesidades de otro orden (industria, energía).
- Prevención de los riesgos asociados al agua (avenidas, sequías, contaminación).

Se concibe, entonces, la planificación como una herramienta para alcanzar un desarrollo sostenible en relación con el medio hídrico, conducente a:

- Concebir la planificación desde un enfoque integrado que contemple el ciclo del agua.
- Propender por los intereses generales salvaguardando los derechos legítimos de las minorías.
- Garantizar la transferencia intergeneracional de las condiciones ambientales relacionadas con el medio hídrico

Sólo a partir de un enfoque holístico y del conocimiento derivado de todas las disciplinas es posible comprender la importancia de los caudales ecológicos y su conservación a largo plazo en los ecosistemas, lo que permitirá mantener las funciones y condiciones ecológicas necesarias para alcanzar el buen estado, de forma que los regímenes ambientales serán los apropiados para responder a las exigencias ecológicas de las comunidades, hábitats o especies, e la incidir así en la gestión de los caudales (Sánchez y Martínez, 2008).

El régimen de caudales ambientales debe atender a las especificidades que pueden existir en un determinado río o tramo fluvial, como son las alteraciones morfológicas intensas, problemas importantes de calidad del agua o existencia de zonas o especies protegidas. Las alteraciones morfológicas, bien sea presas, puentes canalizaciones, protección de márgenes, dragados, ampliación de lagos, modificaciones por conexiones entre otras, pueden ocasionar cambios en las estructuras hidráulicas (velocidades, profundidades, sección mojada, etc.), los cuales son determinantes del hábitat de numerosas especies. En el caso de los tramos alterados morfológicamente y con influencia significativa sobre el régimen hidráulico dados los volúmenes y cargas, es necesario reajustar los cálculos realizados con las series hidrológicas históricas, teniendo en cuenta las condiciones actuales, y considerar todas las medidas de atenuación viable para reducir todas

las presiones sobre las masas de agua. En los tramos fluviales afectados por contaminación difícil de corregir a corto plazo o con volúmenes que superan la capacidad de las plantas, es posible que sea necesario actuar inmediatamente de manera temporal mientras se resuelve, aplicando un caudal de disolución de vertidos y evitar sus efectos perjudiciales sobre el ecosistema (Sánchez y Martínez, 2008).

Se hace indispensable aplicar realmente los caudales ambientales, establecerlos en la legislación, en la norma o en la planificación, vigilar su cumplimiento, hacerles seguimiento y evaluar sus resultados, para que cumplan con su objetivo establecido propuesto principalmente para garantizar el régimen de los caudales.

Le corresponde a la planificación hidrológica tratar de coordinar, en el largo plazo, las distintas demandas espaciales y sectoriales, con especial consideración hacia el mantenimiento de las funciones vitales del ecosistema fluvial y dentro de los objetivos de la política general. En tal sentido, no puede concebirse de manera aislada, debe ser un instrumento de política general.

La Directiva Marco del Agua (DMA) instauro como ámbito de aplicación de los planes hidrológicos las denominadas por la propia Directiva como demarcaciones hidrográficas. Dichas demarcaciones hidrográficas pueden estar formadas por una o más cuencas hidrográficas conforme con los siguientes criterios:

- Las cuencas hidrográficas pequeñas podrán, en su caso, combinarse con cuencas más grandes o agruparse con pequeñas cuencas hidrográficas vecinas para formar una demarcación hidrográfica.

- En caso de que las aguas subterráneas no correspondan plenamente a ninguna cuenca hidrográfica en particular, se especificarán e incluirán en la demarcación hidrográfica más próxima o más apropiada.
- Las aguas costeras se especificarán e incluirán en la demarcación o demarcaciones hidrográficas más próximas o más apropiadas.

Además la Directiva Marco establece que:

En el caso de una demarcación hidrográfica internacional se garantizará la coordinación con objeto de elaborar un único plan hidrológico de cuenca internacional.

Los planes hidrológicos de cuenca podrán complementarse mediante la elaboración de programas y planes hidrológicos más detallados relativos a subcuencas, sectores, cuestiones específicas o categorías de agua con objeto de tratar aspectos especiales de la gestión hidrológica.

En principio la gestión integrada del ciclo del agua parte de identificar la unidad “cuenca hidrográfica” como el ámbito de la planificación hidrológica. Sin embargo, como lo plantea José Piñero Campos, para la identificación de este ámbito es necesario considerar lo siguiente:

- Las cuencas muchas veces no son totalmente independientes sino que están conectadas a través de diferentes acuíferos, zonas húmedas, etcétera.
- La satisfacción de las demandas dentro del respeto al objetivo del buen estado ecológico de los cursos fluviales puede conducir a encontrar soluciones más eficientes en cuencas adyacentes a la propia.

- La existencia de condicionamientos económicos, sociales, ambientales o, incluso administrativos, puede jugar un importante papel a los efectos del punto anterior.
- La existencia de cuencas hidrográficas extremadamente pequeñas que no permiten una gestión eficaz.

En cualquier caso, en el ámbito de la planificación hidrológica es importante coordinar las actuaciones dentro de cada cuenca con una visión integrada que evite la existencia efectos sinérgicos indeseados. Por lo que resulta conveniente tener presente el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Asimismo, considerar las diferentes funciones que asumen zonas de aguas arriba y las de aguas abajo, ya que las zonas de aguas arriba normalmente soportan unas infraestructuras de las que se benefician en escasa medida, mientras que las zonas de aguas abajo soportan los problemas y riesgos procedentes de posibles contaminaciones.

Como señala, Víctor Peñas (2006), la planificación hidrológica necesariamente tendrá que ir unida a la ordenación del territorio, pues de otra manera no será posible de manera que pueda garantizar el desarrollo sostenible.

3.1.3 Estudios previos de la planificación hidrológica

La planificación hidrológica precisa de conocimiento del entorno que permita establecer unos resultados sobre bases sólidas y confiables; requiere de una información muy rica tanto en cantidad como en calidad. Dicho conocimiento debe ser dinámico en el sentido que sea capaz no sólo de ubicar las diferentes variables en la situación actual sino de

predecir su evolución futura. Es de tener en cuenta que muchas veces la información no se encuentra disponible, lo que obligará a poner en marcha los mecanismos necesarios para su obtención. A pesar de ello puede incluso darse el caso de que las informaciones necesarias no se puedan obtener y el proceso de planificación no pueda parar; en tal caso, se debe procurar una aplicación más rígida del principio de precaución (Piñero, 2007).

Los siguientes estudios previos son base para la detección de aquellos conflictos más importantes que la planificación hidrológica deberá resolver:

Entorno hidrológico: Su objetivo es conocer todas las características hidrológicas y morfológicas de los cursos de agua, lo que requiere de series de precipitaciones y caudales, avenidas y sequías, estado de los cauces y acuíferos, infraestructuras y aprovechamientos existentes.

Calidad de las aguas: Deben servir para conocer las características físico-químicas, biológicas y ecológicas de los cursos de agua.

Entorno físico: Su objetivo consiste en situar los cursos de agua y su entorno dentro de un contexto físico-químico y morfológico.

Entorno económico: Es fundamental conocer las características económicas del territorio afectado y sus posibles influencias sobre el entorno hídrico.

Entorno social. Su objetivo consiste en conocer la relación que la sociedad establece con sus recursos hídricos (población, distribución de la población, usos del territorio, poblaciones indígenas).

Entorno ambiental: Consiste en el conocimiento detallado de los distintos valores ambientales asociados (caudales ecológicos y valores ambientales asociados al uso del agua).

Entorno administrativo-legal: Las disposiciones legales y administrativas presentes tienen una influencia decisiva sobre la planificación hidrológica, es decir límites administrativos y legislación aplicable.

Contenidos de la planificación hidrológica. El contenido de la planificación hidrológica se condensa en el Plan que incluye los programas que dan respuesta a los problemas identificados, Asimismo el plan deberá contener la asignación de los recursos disponibles entre los diferentes usos en conflicto.

Participación pública. Es muy importante propiciar la participación pública ya que a través de ésta se puede garantizar una efectiva aplicación y logro de los objetivos planteados, a la vez que se mejora la toma de decisiones, ya que se tienen los puntos de vista de los diferentes actores sociales. Este proceso de planificación requiere de una planificación que incluya:

- Inventarios de los interesados que resulten relevantes y análisis de los mismos para determinar los interesados prioritarios.
- Diseño del proceso de participación, determinando los modelos de participación pública a aplicar durante las diferentes fases del proceso de planificación.
- Definición de áreas de decisión.
- Definición de responsabilidades y tareas.
- Establecimiento de comités consultivos.
- Desarrollo de un plan de comunicación.

3.1.4 Gestión del agua en algunos países de Iberoamérica

El ser humano, aun a sabiendas de que sin agua no hay vida, continúa degradando los ecosistemas acuáticos y mantiene modelos de consumo y gestión de agua insostenibles, pues de seguir a este ritmo no podrá satisfacer ilimitadamente las crecientes demandas a través una oferta que tiene limitaciones físicas, ecológicas y económicas. En este sentido, el ahorro, la eficiencia y la conservación de los recursos hídricos cobran un mayor protagonismo en los procesos de gestión. Será necesario acomodar hábitos y modos de vida a la realidad climática del territorio en el que vivimos, conocer las potencialidades de los recursos propios de cada región y no permitir la sobreexplotación de estos. Habrá entonces que avanzar hacia una Nueva Cultura del Agua que permita el uso y disfrute del preciado y vital recurso (Peñas, 2006).

En una entrevista realizada por Carlos Franco (2006) al presidente de la Fundación Nueva Cultura del Agua, Dr. Pedro Arrojo Agudo⁴ en el marco de la “Jornada por una Nueva Cultura del Agua” realizada en Petroperú los días 20 y 21 de julio de 2006, señala que el planteamiento que se está concibiendo en América Latina, como se viene realizando en Brasil Bolivia, Uruguay y Argentina, es “reinventar, rediseñar y practicar nuevos modelos de gestión pública participativa”. Como bien señala el Dr. Arrojo esto es bastante difícil, pero habrá que ir cambiando los planteamientos en búsqueda de nuevos horizontes que nos permitan la sostenibilidad no sólo de los

⁴Doctor en Ciencias Físicas de la Universidad de Zaragoza. Actualmente es profesor titular del Departamento de Análisis Económico en la Facultad de Económicas de Zaragoza. Galardonado con el Premio Goldman 2003 de Medioambiente, correspondiente a la región europea.

recursos sino también de nuestra propia existencia. Continúa el doctor Pedro Arrojo: “El reto está en cambiar nuestro enfoque en nuestra relación con la naturaleza”, y “cambiar el enfoque entre nosotros”. En el primer sentido señala que “el agua no es agua, es ecosistemas”; de esta manera el cambio es cultural e implica una nueva forma de ver al recurso hídrico; esto es a través de un enfoque ecosistémico. En el segundo sentido el Dr. Arrojo hace referencia a la gestión ética, la cual debe partir de garantizar el acceso al agua potable como un derecho humano y en segunda instancia incluir los servicios públicos de agua y saneamiento como derechos de la ciudadanía global.

En la misma entrevista el Dr. Arrojo hace referencia a la importancia que tienen los controles por parte de la ciudadanía, pero también que todos los ciudadanos estén dispuestos a pagar por el servicio según sus posibilidades, cosa que ya ocurre en países desarrollados donde se tiene ya una excelente gestión del agua como ocurre en: Holanda, Alemania, Suecia, Noruega y Suiza; en estos países todas las empresas son públicas y municipales, en ocasiones incluso pequeñas pero muy modernas, eficientes, con rígidos niveles de control ciudadano. Es de anotar la importancia que tiene la gestión del agua desde el Estado y el compromiso de los ciudadanos como señala el Dr. Arrojo: “Es posible una gestión urbana del agua con mayor compromiso y responsabilidad ciudadana en la que no se precise la privatización sino por el contrario propender por un mejor servicio público que permita cumplir con el derecho humano de acceso al agua”.

En España, el problema de la gestión del agua está estrechamente ligado al modelo territorial, del que el agua es un eje vertebrador del desarrollo productivo, ejecutado a través de un enfoque sectorial que ha dado origen a la gestión del agua a partir de la oferta. Se destaca

el uso del agua en el sector agrícola como el que más consume, pretendiendo mostrar un déficit que en realidad no existe. Se trata más bien de apetencias desmesuradas que se pretenden cubrir con más embalses y trasvases realizando un ejercicio de fontanería hidráulica nacional que no solucionará el problema sino que lo agravará de manera exponencial. El reto es *gestionar la demanda*.

El agua ni es escasa ni es abundante. Es la que es y está donde tiene que estar, alimentando la sublimidad del ciclo hidrológico. ¿Acaso decimos que es escasa la atmósfera porque no podemos emitir todo el CO₂ que queremos? ¿Acaso son escasas las calles porque no encontramos sitio para aparcar el coche? El concepto de escasez es un hidromito que no hace sino alimentar las estrategias de oferta. El agua es un bien vital y es el recurso natural más importante para la vida; si tuviésemos que definirla y calificarla, yo diría que es un recurso frágil y amenazado. Si realmente fuera escasa no la derrocharíamos como lo hacemos, sobre todo en los países desarrollados, como España. Lo que realmente son escasas son las ideas, como dice el profesor Ramón Llamas. El hombre podrá morir de estupidez pero no de sed (Peñas, 2006).

El nuevo enfoque de la gestión del agua parte del reconocimiento del manejo del medio físico hídrico donde la cuenca hidrográfica es la unidad de gestión. Así los lineamientos se trazan en la nueva Directiva Marco del Agua que da origen a una nueva cultura del agua en la que se integran el agua, el territorio y los usuarios.

La Directiva Marco del Agua (DMA) establece la integración de políticas sectoriales y agua como concepto clave para la protección del agua y los ecosistemas asociados (gestión ecosistémica). En la DMA la integración se entiende en un sentido mucho más amplio que el que subyace en la idea ya clásica de gestión integrada del agua,

que se centraba en la consideración conjunta de aguas superficiales y subterráneas, así como de los aspectos de cantidad y de calidad. Implica también la integración de disciplinas, enfoques y experiencias (hidrología, hidráulica, ecología, química, edafología, agronomía, ingeniería, economía, aspectos sociológicos y jurídicos) para colaborar en su aplicación con el mejor balance coste-efectividad. La aplicación de la DMA obliga a que los procedimientos de toma de decisión incluyan un diálogo coordinado inter y trans-disciplinar entre las ciencias sociales, naturales y de la ingeniería, manteniendo la profundidad propia de cada disciplina. La integración se refiere también a la necesaria cooperación y coordinación entre administraciones, así como a la integración de diferentes niveles de decisión (local, regional, nacional), y de órganos de gestión de diferentes países miembros, en caso de cuencas internacionales). Igualmente la DMA implica también la integración de usuarios, agentes sociales y la sociedad civil en los procesos de decisión, impulsando un proceso de aprendizaje social al final del cual emerjan y sean implementados los compromisos alternativos más apropiados (Del Moral, 2008).

Colombia, a diferencia de España, es un país rico en recursos hídricos; sin embargo, la disponibilidad de agua se ve fuertemente afectada por la calidad. El problema de la gestión del agua se centra en abastecer a la población de agua potable. Esto requiere de grandes esfuerzos para mejorar la calidad y garantizar la cantidad. Asimismo se evidencian aspectos que inciden negativamente en la gestión como el uso exagerado y derroche del recurso en las zonas de mayor disponibilidad, tanto en las ciudades como en el campo, lo que evidencia una falta de conciencia ambiental en la población. Otro aspecto es la desconexión de usuarios en las ciudades, que obedece al incremento en las tarifas como se anotó en el capítulo 1. En las áreas rurales el principal problema es la falta de saneamiento básico.

Entretanto en Perú el problema del agua se agrava por el exagerado consumo del sector de la agricultura que incide fuertemente en la disponibilidad, pues la población se ubica justo en estos territorios que presentan mayor déficit de agua. Garantizar agua implica grandes inversiones en obras hidráulicas, por lo que la gestión enfrenta retos que parten desde la generación de una conciencia ambiental, capacitar a la población, realizar estudios de impacto ambiental, pasando por una política de derechos de agua y de reducción de los consumos principalmente en el sector agrícola hasta indemnizaciones por de contaminación.

De manera similar, El Salvador afronta como desafíos de la gestión del recurso hídrico aspectos que van desde el acceso al agua potable, la contaminación de los recursos hídricos, la alteración del ciclo hidrológico hasta la gestión territorial. Es una situación además que se evidencia en gran parte de la región de América Latina. En la tabla 10 se presentan algunas características de la gestión del agua en diferentes países iberoamericanos.

TABLA 10. Características de la gestión del agua en algunos países Iberoamericanos

Características	Problemas	Propuestas para mejorar la gestión
<p>ESPAÑA</p> <p>Precipitación media entre 600 y 700 mm/año, distribución irregular con grandes variaciones entre un año y otro, y en especial entre una estación y otra, concentrándose las lluvias en las estaciones equinocciales frente a la escasez estival, justo cuando son mayores las necesidades hídricas.</p> <p>Disponibilidad: 45.034 Hm³/año lo que supone una disponibilidad per cápita de 1.130 m³</p> <p>Algunos territorios disponen del recurso, algunos pueden sostener y atraer nuevas actividades económicas que al no poseer el recurso se limitan.</p>	<p>El mayor problema corresponde al galopante, desordenado e imprudente modelo de desarrollo urbano-territorial especialmente en la orla mediterránea, que es precisamente la que más demanda agua.</p> <p>Deficiente gestión y administración del agua.</p> <p>Políticas de producción agraria intensiva.</p> <p>Déficit potenciales locales asciende a unos 3.000 Hm³/año y se manifiesta en una falta de garantía en el suministro para abastecimiento de la población, la falta de recursos para el riego en los procesos agrícolas o en la sobreexplotación de los acuíferos.</p> <p>El modelo territorial presenta una disfuncionalidad relacionada con la disponibilidad de recurso hídrico.</p>	<p>En la Ley de Aguas de 1985, modificada por R.D. legislativo 1/2001 de 20 de julio, se define la cuenca como la unidad de gestión y se atribuye a la Administración del Estado la gestión de las supracomunitarias.</p> <p>Creación de: las Confederaciones Hidrográficas, en cuyos órganos de Gobierno (Junta de Gobierno) y planificación (Consejo de Agua) están integradas las Comunidades Autónomas, las entidades locales y los usuarios, en cuanto a la plasmación del principio de cooperación orgánica y democrática. Integración esta que constituye el “modelo más directo” de participar en la gestión del agua en las cuencas intercomunitarias (STC 166/1996 de 17 de octubre) (Fanlo, 2003)</p> <p>La planificación hidrológica, señala Víctor Peñas, debe estar al servicio de la política territorial.</p>

Características	Problemas	Propuestas para mejorar la gestión
Existe déficit que induce el aumento de la demanda en territorios donde se produce crecimiento urbanístico. Y lo peor es que las ampliaciones necesarias para atender la demanda se realizan, y con el paso del tiempo las redes son cada vez más insuficientes (Cabrera, 2008).	Falta de Coordinación entre los usuarios del suelo y la disponibilidad del agua (Peñas, 2006). Falta de directrices de política territorial.	
COLOMBIA Precipitación media 3.000 mm/año, (el doble el promedio en Sudamérica y cuatro veces el promedio mundial anual). No todas las regiones gozan del recurso en forma permanente, pues existen grandes zonas que presentan escasez como La Guajira por ejemplo.	El 12,5 % de las ciudades en Colombia son abastecidas con más de 500 litros/habitante/día, promedio muy superior al estipulado por el Reglamento técnico de agua y saneamiento básico - R.A.S.- Cultura del desperdicio y no ahorro de agua. La mala gestión en las administraciones municipales, es la causa del gran déficit de agua potable en el país.	Estrategia Nacional del Agua para la administración de los recursos hídricos del país. Gestión a partir de la demanda. Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Proyecto de Ley "Por medio del cual se establecen las medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico en el territorio nacional".

Características	Problemas	Propuestas para mejorar la gestión
<p>Oferta hídrica per cápita de 57.000 m³/año.</p> <p>El consumo de agua en el país es de 5,6 millones de metros cúbicos diarios.</p>	<p>Contaminación (vertimientos y residuos sólidos generados por la población urbana y el sector agrícola).</p> <p>36 ciudades intermedias tienen el mismo consumo que los 890 municipios de menos de 30.000 habitantes, es decir 1,43 millones de metros cúbicos por día (Alcaldía de Bogotá, 2006).</p> <p>En la mayoría de ciudades la demanda supera la oferta.</p>	
<p>PERÚ</p> <p>Precipitación media 1.920 mm/año.</p> <p>La población se concentra en las zonas de menor disponibilidad de agua; la costa que es una región de aridez extrema y la sierra que es semiárida, mientras que la selva</p>	<p>El costo unitario del agua está en función de la escasez, las inversiones en obras hidráulicas para asegurar una dotación determinada, y los tratamientos para obtener la calidad deseada.</p> <p>Las mayores alzas en el costo del agua se registran en suministro para satisfacer las demandas de ciudades grandes, tales como, Lima, Arequipa y Trujillo.</p>	<p>Mejorar la eficiencia del uso en el sector agrícola.</p> <p>Pagar el costo de corregir el deterioro en la calidad del agua.</p> <p>Todo otorgamiento de derechos de uso del agua para diferentes fines debe estar respaldado por un estudio de impacto ambiental.</p>

Características	Problemas	Propuestas para mejorar la gestión
<p>que posea más territorio se encuentra prácticamente despoblada.</p> <p>Ríos de la costa descargan 36.000 millones de metros cúbicos al año (MMCs), de los cuales el 46% se aprovechan en: Agricultura 15.000 MMC (90%) para regar 840,000 ha, 1,300 MMC correspondientes al 8% en uso Municipal para abastecer 16 Millones de personas, y Minería: 300 MMC (Cornejo, 2000).</p>		<p>Incentivar el uso eficiente.</p> <p>Promulgar una nueva ley de aguas.</p>
<p>EL SALVADOR</p> <p>Precipitación promedia 1.700 mm/año.</p> <p>Población aproximada de 6,8 millones de habitantes, tiene la densidad poblacional más alta de América Continental.</p>	<p>Déficit de abastecimiento urbano.</p> <p>Gran déficit en el acceso que afecta a la población rural, principalmente a mujeres y niños.</p> <p>Esfuerzos locales y la precariedad de muchos sistemas rurales sin apoyo que institucional.</p>	<p>Gestión del territorio que incluya proyectos de manejo de laderas y microcuencas.</p> <p>Planes maestros propuestos de gestión de cuencas.</p> <p>Incorporar mecanismos de valoración y pago por servicios ambientales.</p>

Características	Problemas	Propuestas para mejorar la gestión
<p>Disparidades en el consumo: las conexiones residenciales con un consumo menor a los 20 m³ mensuales (20% de las conexiones y 7% del consumo total) suponen un consumo por persona promedio de 81 litros por día. Por su parte, las conexiones con más de 40 m³ mensuales de consumo de agua (21% de las conexiones y 49 % del consumo), generan un consumo promedio por persona de 531 litros por día.</p>	<p>Deterioro del recurso por la fuerte contaminación.</p> <p>Sobreexplotación y contaminación de los acuíferos,</p> <p>Se carece de una estructura normativa-institucional para gestionar el recurso hídrico bajo criterios de sostenibilidad, equidad y eficiencia.</p>	<p>Incorporar iniciativas locales regionales de gestión participativa del territorio.</p> <p>Recuperar la capacidad de generar conocimiento e información sobre el recurso hídrico.</p> <p>Enfrentar el déficit de cobertura de los servicios de agua y saneamiento, de manera especial en zonas rurales.</p> <p>Fortalecer la capacidad institucional para enfrentar la contaminación.</p> <p>Avanzar de manera consensuada hacia una reforma de la gestión del agua con visión integrada.</p> <p>Desarrollar un enfoque de gestión y ordenamiento territorial que tienda a reducir los desequilibrios territoriales potenciando los recursos naturales y los esfuerzos locales (PRISMA, 2001).</p>

Fuente, elaboración propia a partir de las referencias citadas. 2008

3.1.5 Derechos de agua y gestión ciudadana en los Andes⁵

La gestión de los recursos naturales y su importancia en la estrategia de desarrollo de los países andinos presenta inquietudes estructurales que afectan profundamente al acceso de los sectores más vulnerables a los procesos de toma de decisiones respecto de estos bienes y a su disfrute.

En los Andes los pueblos indígenas y las comunidades rurales se enfrentan a las presiones que ejerce el desarrollo sobre sus territorios y sus recursos naturales, específicamente sobre el recurso hídrico.

Los principales problemas corresponden a la monopolización de los derechos del agua, al uso indiscriminado del recurso y a la contaminación, generados, en su mayoría, en las cuencas hidrográficas del ecosistema de montaña altoandina. Problemas que inciden en los cambios sociales, alteraciones medioambientales, agotamiento y contaminación de las fuentes de agua y en el aumento creciente de los conflictos vinculados al recurso hídrico.

Como resultado de dicha presión sobre los recursos naturales, propiciada por el modelo económico dominante y la globalización, los indígenas y los campesinos han perdido su tradicional acceso al agua, tanto en condición de bienes productivos como del hábitat que sustentan. En otras palabras, estos habitantes rurales se enfrentan a un problema de “gobernanza” sobre sus territorios que afecta sustancialmente a los recursos naturales y los ecosistemas que dan sostenibilidad a su existencia.

⁵ El tema de derechos de agua y gestión ciudadana se abordó recientemente en la comunidad andina en el foro electrónico: “Visión social del agua en los Andes: Agua, comercio y regulación”, realizado entre el 23 de abril y el 11 de mayo de 2007, organizado por INFOANDINA (INFOANDINA, 2007). En este numeral se presenta una síntesis.

Se parte del hecho de que la gobernanza supone un ejercicio equitativo de los derechos ciudadanos, de todos los ciudadanos sobre los bienes sociales, entendidos como tales los ecosistemas y, por consiguiente, el agua y la tierra como base de su sustentación.

Así pues, que una gobernanza equitativa en el medio rural sería aquélla que garantice la promoción de los intereses de las comunidades locales en relación con las aguas a través de la solidaridad y la armonía entre el aprovechamiento de los recursos naturales y los ecosistemas. Así como debería garantizar la participación comunitaria.

En este orden de ideas, la gobernanza de las comunidades rurales locales sobre el agua hace referencia a lo que se ha denominado “gobernanza ambiental”, que se expondrá a continuación a partir de la síntesis del Foro Electrónico “Visión social del agua en los Andes: Agua, comercio y regulación”. En éste se hace énfasis en la gobernanza hídrica en la región, basada en procesos de “concienciación” orientados a garantizar una gestión social, ambiental, económica y técnicamente sostenible. Se reconoce que la concienciación no se limita a las comunidades locales dentro de una cuenca o a quienes comparten un caudal de agua, sino por el contrario, debe extenderse a todas las personas involucrados en las instancias de regulación del agua. En este foro se propone que las personas que utilizan el agua deben participar en la valorización del recurso, con base en los costos reales locales de la gestión hídrica.

En cuanto a las variables que favorecen los procesos de gobernanza hídrica en la región andina, varios participantes en el foro (L. Coria; F. Valderrama; M. Acuña; D. Olarte) coinciden en que éstas sean:

- Sociales (usos tradicionales; participación, valoración cultural).
- Ambientales (disponibilidad, calidad y accesibilidad).
- Económicas (costos, servicios, formas de pago y mecanismos tradicionales de retribución).
- Jurídicas (régimen de derechos, mecanismos de resolución de conflictos y propiedad ancestral).
- Técnicas (infraestructura tradicional: sistemas de acueducto, tanques de acumulación y limpia de canales, tradicionales; y técnicas apropiadas que generan infraestructura moderna que regula sistemas tradicionales de agua).

Alonso Barros se refiere a las variables que garantizan la gobernanza hídrica en los Andes señalando que es clave tener claridad sobre el régimen de derecho. En su opinión, se debe reconocer el derecho de propiedad colectiva sobre el agua, que a su vez debe ser autogestionado colectivamente por los usuarios, para lo cual es indispensable dotar a la cuenca de personalidad jurídica que le permita actuar autónomamente.

Cabe destacar algunas de las reflexiones del foro que apuntan a las siguientes propuestas para la gobernanza hídrica:

- Ordenamiento Territorial, reconocimiento de derechos tradicionales (M. Acuña) y autogestión (M. Acuña; P. Pachaguaya).
- Políticas de desarrollo destinadas a romper las brechas sociales y económicas que ponen en riesgo la sostenibilidad ambiental de los espacios de gestión hídrica. Se sostiene que si no se recomponen condiciones de equidad mínimas no hay bases para la sostenibilidad ambiental (M. Tipacti).

En el mismo foro se abordó el tema del rol del Estado en la gestión del agua. En aquellos casos en particular donde se promueven plataformas de negociación hídrica de múltiples usuarios, los participantes en el foro coinciden en que el Estado debe jugar un rol preponderante. Dora Olarte señala que el Estado debe garantizar el ejercicio de los derechos ciudadanos, mediar conflictos y propiciar espacios de diálogo y entendimiento. El Ingo Gentes advierte sobre la necesidad de que el Estado se involucre a través de la política pública pertinente con las necesidades locales, y que fortalezca los controles sobre usos sostenibles, la concertación equitativa de actores y adopte medidas de preservación y conservación ambiental.

En términos generales, se puede hablar de un consenso sobre la utilidad de las plataformas múltiples de usuarios en la resolución de conflictos en los Andes, con algunos matices.

Ingo Gentes señala que "las plataformas de múltiples usuarios sí pueden jugar un papel predominante en la organización, control y en la negociación sobre una efectiva gestión del agua, pero de ninguna manera pueden sustituir las políticas públicas consensuadas y sin un reconocimiento efectivo del derecho local al agua". También sostiene que la debilidad de la concertación equitativa de actores es más evidente en ciertos "escenarios de desequilibrios sistémicos" como cuando se favorece a determinados sectores, cuando las estrategias y programas públicos no coinciden con los marcos legales dados, y cuando los niveles de agua bajan y la demanda aumenta. Precisa además, que la necesidad de "consensuar mancomunadamente las disfuncionalidades" cobra mayor importancia donde "los procedimientos administrativos oficiales 'de tipo macro' no necesariamente reflejan las estructuras, capacidades ni necesidades locales, y requieren de una gestión administrativa flexible, pero de normas de resolución y decisión efectivas".

Eugenia González, autora de esta investigación, manifiesta que no se puede generalizar sobre la efectividad de las plataformas en la resolución de los problemas. Explica que la efectividad para resolver conflictos depende del nivel de organización y capacitación de quienes participen. En el mismo sentido, Dora Olarte considera que también la efectividad de las plataformas depende de los procesos participativos y la voluntad por compartir. Asegura que las plataformas múltiples "reducen los costos de las obras y hacen que los procesos de tratamiento y potabilización sean menores".

Para Alipio Canagua, el rol de las plataformas de múltiples usuarios para la gestión hídrica es el de facilitar la resolución de conflictos y la adopción de decisiones concertadas. Advierte sobre la necesidad de conjugar tradiciones y la tensión hídrica que se genera por la diversificación de usos hídricos que impone la modernidad, adecuando los patrones de comportamiento de modo que se pueda hacer frente efectivamente a esta realidad. No le cabe la menor duda que el rol del Estado es el de "facilitación" de procesos sociales y económicos para la gestión.

Felipe Valderrama, sin embargo, estima que las plataformas pueden ser una herramienta útil en la medida que tengan sustento legal que le de operatividad a la instancia. Considera que el Estado debe crear mecanismos de resolución de conflictos eficaces, siendo una alternativa posible las plataformas de negociación. Para Graciela Flores las plataformas de múltiples usuarios tienen un valor como espacio de construcción social. Valora la participación de los gobiernos locales en estas instancias y cree que el Estado debe validar las decisiones adoptadas en este contexto como mecanismos de participación social. Aurora Ruiz indica que las plataforma de múltiples usuarios (actores sociales, agricultores tradicionales; agro industria, minería; empresas de servicios, salud; turismo, etc) constituyen una instancia de negociación y concertación de intereses, donde el Estado garantiza que los acuerdos se cumplan y facilita el proceso de concertación.

José Dávila advierte sobre ciertas contradicciones en las reflexiones que se pronuncian sobre el rol del Estado. Para despejar ambigüedades enuncia un concepto de Estado desde la perspectiva del pluralismo jurídico que reconoce la existencia de distintas formas de gobierno y sus respectivos sistemas de derecho. Describe las plataformas de agua como una fuente de poder donde se legitiman, mantienen, rompen o reproducen relaciones de poder. Sugiere, por tanto, dimensionar dichas relaciones para evaluar adecuadamente la eficacia o no de una plataforma de negociación de múltiples usuarios. Como ejemplo pone el caso de la acequia Tabacundo y demuestra como en este contexto, es posible romper relaciones históricas de poder de naturaleza oligarcas y hacer prevalecer los derechos de las comunidades locales.

Las siguientes son propuestas para garantizar la eficacia de las plataformas de negociación hídrica de múltiples usuarios:

Ingo Gentes enumera algunas condiciones previas que a su juicio permitirían una “gestión integral de uso multidimensional de recursos naturales en las cuales las plataformas de negociación hídrica de múltiples usuarios juegan un rol protagónico”:

- Reconocimiento del beneficio propio de los interesados; crear un ambiente de relaciones sociales de confianza y justicia entre los actores gubernamentales, las organizaciones locales y las no gubernamentales.
- Establecimiento de un régimen de propiedad competitivo que garantice derechos locales.
- Remodelación del papel de la ONG reconociendo su aporte a la democracia desde el desarrollo local.

Continuando con el foro, se aborda el tema sobre si se deberían institucionalizar los regímenes tradicionales de derechos de agua. Al respecto Dora Olarte opina que sí deberían institucionalizarse y materializarse en una Ley, sugiriendo que sea denominada “Ley de Consejos Consultivos del Agua en Los Andes”. Eugenia González, se pronunció a favor de institucionalizar los regímenes tradicionales y por esta vía proteger el patrimonio hídrico nacional, reservando para el Estado un rol de garante del interés nacional incluido el derecho al acceso. En el mismo sentido se manifiesta Aurora Ruiz, quien sugirió la instauración de una “autoridad de agua” y reserva al Estado un rol de garante en un esquema de participación social. Cynthia Mealla releva que los derechos colectivos –identificando como tales el acceso al agua y distribución equitativa del recurso– sean los principios básicos en un régimen de regulación de los derechos de agua. Valida, asimismo, el derecho consuetudinario como una normativa no escrita pero eficaz para regular derechos de agua conforme a los usos y costumbres. Frady Torrico, estima que la propiedad del agua debe ser del Estado y que éste a través de un mecanismo de concesiones debería resolver la problemática de acceso por la vía de otorgar derecho a las comunidades originarias sin restricción y a quienes hacen uso actual del recurso con base a tres parámetros: cantidad, calidad y tipo de uso (consumo humano, seguridad alimentaria, otros usos). Indica que la gestión debe ser integrada con la participación de todos los usuarios.

Ingo Gentes señala que el dilema de la institucionalización de regímenes tradicionales de agua es lograr la necesaria complementariedad entre sistemas jurídicos de generación positiva –individualista y aquello de construcción consuetudinaria– colectivista. El enfoque debe ser inclusivo a través de un sistema de codificación flexible que respete un marco de participación local y pondere los mecanismos de fiscalización y control que emanan de la eficiencia local y pública.

Los mismos autores formulan propuestas para un mayor consenso entre derechos individuales y colectivos de agua:

En opinión de Dora Olarte, los conflictos entre derechos individuales y colectivos se resuelven con una gestión adecuada del recurso que baraja los usos alternativos del mismo y su beneficio para el bien colectivo o individual. En su propuesta sugiere que el acceso al agua de una comunidad con déficit de agua puede ser garantizado por otra a cambio de servicios diversos como: recreación, dinero, salud, alimento, vestido, etc.

Ingo Gentes propuso algunos soportes estratégicos para garantizar la complementariedad entre derechos individuales y colectivos:

- i. Definir criterios para participar de beneficios y utilidades en la explotación hídrica.
- ii. Definir criterios de prioridad o derechos preferentes (ancestralidad, ocupación y derechos de autogestión aguas territoriales).
- iii. Definir grados de control colectivo en: toma de decisiones hídricas, infraestructura y flexibilidad en el régimen de derecho.

De lo anterior cabe destacar la importancia de mantener lo que se ha denominado “gobernanza hídrica” de manera que se logre una gestión adecuada del agua por medio de la valoración, conforme a los usos tradicionales, el reconocimiento del agua como un derecho fundamental. Tomando además en cuenta los aspectos jurídicos, técnicos y económicos, todo ello a partir de la ordenación del territorio y de las políticas que hagan posible el desarrollo sostenible. A su vez se evidencia el papel que debe jugar el Estado como garante del derecho ciudadano al agua y la relevancia del establecimiento de una política pública acorde con las necesidades locales, el fortalecimiento de los

controles en términos del uso sostenible, la concertación y participación equitativa de los diferentes actores sociales, así como la adopción de medidas de preservación y conservación ambiental.

3.2 EL SUMINISTRO DE AGUA A POBLACIONES URBANAS

El suministro de agua a una población comienza en los puntos de abastecimiento desde donde se conduce el agua hasta las plantas potabilizadoras para hacerla apta para el consumo y distribuirla. Las aguas utilizadas (residuales) son conducidas por la red de alcantarillado hasta las plantas depuradoras, donde son tratadas. El agua en una ciudad se destina básicamente a uso doméstico, industrial, comercial y a servicios municipales, como el riego o la limpieza de las calles. Una completa red de distribución conduce el agua desde los orígenes hasta estos puntos de consumo. Los puntos de abastecimiento corresponden a los embalses y estos almacenan el agua proveniente de las cuencas hidrográficas.

En los espacios urbanizados las cuencas hidrográficas se han convertido en las cloacas por donde se eliminan los residuos y se vierten las aguas servidas, haciéndose completamente imposible su uso para consumo humano, situación que ha llevado a las autoridades municipales encargadas de dotación del recurso hídrico a conseguir nuevas fuentes de agua para el abastecimiento y la creación de infraestructura para almacenar y distribuir el preciado líquido. Las nuevas fuentes de agua siempre estarán más y más alejadas de las áreas de consumo y esto aumentará los costos.

Las ciudades de todo el mundo tienden a empobrecer sus entornos, agotan su fertilidad sin reponerla, acaban con los bosques, las aguas y las tierras de labranza que permitieron su existencia. Lo preocupante es la voracidad con que las ciudades florecientes consumen los recursos naturales y la cantidad de residuos que generan (Girardet, 2001).

Es cada vez más frecuente que las grandes conurbaciones deben traer el agua de lugares más alejados, con mayor inversión en infraestructura, con incremento en el gasto de energía y altos costos económicos, lo que a su vez limita las posibilidades de acceso al recurso hídrico.

Se han seleccionado algunas ciudades con características metropolitanas para identificar los principales elementos del suministro de agua y su relación con el territorio. Se pretende destacar que las grandes concentraciones de población (áreas metropolitanas, distritos capitales o capitales) han consumido, agotado o deteriorado su territorio, sus recursos, su agua y deben abastecerse de otros territorios, generando en aquéllos otras dinámicas sociales, políticas, económicas y ambientales que de no gestionarse adecuadamente se tornan muy problemáticas. Se observan de hecho aumento de las diferencias sociales, crecimiento de la pobreza y pérdida de la calidad de vida. Se busca entonces con este panorama general mostrar una situación reiterada que debe solucionarse.

En los casos seleccionados se evidencian esfuerzos institucionales en infraestructura para mantener el suministro de agua a las poblaciones. Pero a la vez se quiere mostrar que tener acceso al recurso no es sólo poder contar con una tubería; va mucho más allá. Es una responsabilidad de toda la ciudadanía el aprovechamiento racional y la conservación de los ecosistemas que lo proveen. Al final de este apartado se presenta una tabla resumen.

3.2.1 El suministro de agua en Caracas (Venezuela)

La ciudad de Caracas, distrito capital de Venezuela, presenta una temperatura que oscila entre los 22° y los 27° centígrados, está ubicada en uno de los principales valles de la Cordillera Oriental de los Andes, muy cerca de las costas bañadas por el mar Caribe, se encuentra separada de éstas por el majestuoso cerro El Ávila, cuya altura se eleva a los 2600 msnm. Su extensión es de 1.930 Km², limita por el norte con el estado Vargas, por el sur con los estados de Aragua y Miranda, por el este con el estado Miranda, por el Oeste con el estado Aragua.

Caracas alberga aproximadamente 4 millones de habitantes; es el centro económico, administrativo, financiero, asistencial y educativo de la nación, además de sede del poder ejecutivo, legislativo, judicial y electoral. Los mayores aportes de agua al acueducto metropolitano de Caracas provienen de las cuencas de los ríos Guárico, Tuy y Taguaza, cuyos caudales son aprovechados durante todo el año gracias a los embalses Lagartijo, Camatagua y Taguaza. Además cuentan con embalses compensatorios como La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca y Taguacita (Hidrocapital, 2007).

El agua para su abastecimiento es transportada desde fuentes ubicadas a más de 150 Km de distancia, lo que hace difícil su traslado. Para que el agua pueda llegar a Caracas se emplean 150 Km de tubería de más de 2 metros de diámetro, 4 túneles de 15 Km de longitud y 15 estaciones de bombeo principales de grandes dimensiones. Para su distribución se emplean 4.000 km de tubería y 80 estaciones de bombeo complementarias que impulsan el agua por la red de tuberías de la ciudad (France Telecom España S. A., 2007).

La empresa Hidrocapital se encarga en Venezuela del sistema de producción y distribución de agua potable para el Distrito Capital y los estados Miranda y Vargas. Este sistema contempla una gran red de almacenamiento, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. Casi toda el agua potable que llega por tubería a los habitantes de estas regiones proviene de una gran fábrica de agua llamada Sistema de Producción Tuy, considerado mundialmente como una de las obras más complejas e importantes en el campo de la hidráulica. Capta el agua cruda de embalses y ríos y la envía a través de largas redes de tuberías hasta las plantas de tratamiento, en donde es sometida al proceso de potabilización y luego bombeada hasta llegar a casi 5 millones de usuarios.

El embalse de Camatagua forma parte de la cuenca del Río Guárico, ubicada en el centro norte de Venezuela, en jurisdicción de los estados de Aragua, Carabobo, Miranda y Guárico. Comprende toda el agua drenada por el Río Guarico y sus afluentes desde su nacimiento en la fila cerro Azul al Occidente de Belén, estado Carabobo, hasta el embalse en Aragua.

3.2.1.1 Embalse Camatagua

El embalse Camatagua (figura 1) es de gran relevancia porque pertenece a una de las cuencas más importantes del país; a través de él se proporciona agua tanto a un porcentaje alto del área metropolitana de Caracas, como a centros poblados de sus alrededores.



FIGURA 1. Embalse Camatagua.
Fuente: Google, 2008.

La cuenca (figura 2) a la que pertenece el embalse está sometida a intensos procesos de erosión y degradación del suelo, lo que afecta a la cantidad y calidad de agua producida.

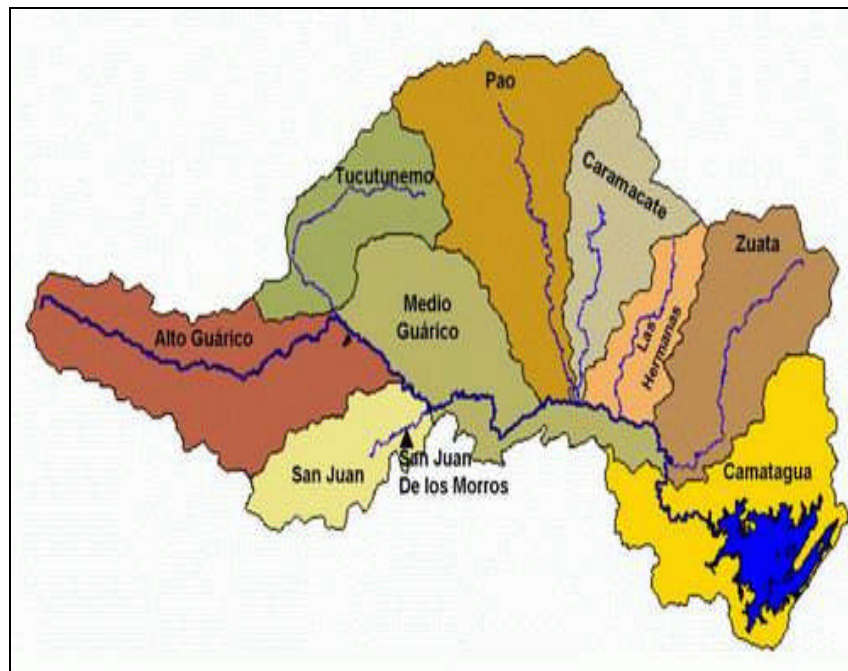


FIGURA 2. Cuenca del río Guarico. Embalse de Camatagua.
Fuente: Rojas, 2007.

3.2.1.2 Embalse Lagartijo

El embalse Lagartijo (figura 3) se encuentra sobre el río del mismo nombre, a 4 kilómetros de San Francisco de Yare, en el estado Miranda. Fue construido entre 1960 y 1962 con el fin de abastecer de agua a gran parte del sureste a la ciudad de Caracas. También surte a las poblaciones de San Francisco de Yare y Santa Teresa del Tuy. El embalse Lagartijo tiene capacidad para almacenar alrededor de 80 millones de metros cúbicos de agua, en una superficie total de 451 hectáreas. El Lagartijo, es la fuente de abastecimiento del 25% de Caracas (Hidrocapital, 2007).



FIGURA 3. Embalse Lagartijo.
Fuente: Google, 2008.

3.2.1.3 Embalse Taguaza

El embalse Taguaza (figura 4) está ubicado sobre el río Taguaza, en el Parque Nacional Guatopo, cerca de la población de Araguaita, municipio Acevedo del estado Miranda. Comenzó a construirse en 1986 y fue puesto en funcionamiento en 1997. Tiene una capacidad para almacenar 184 millones de metros cúbicos de agua y una superficie inundada de 816 hectáreas, La ciudad capital recibe 2.500 litros de agua por segundo desde el embalse (Hidrocapital, 2007).



FIGURA 4. Embalse Taguaza.
Fuente: Google, 2008.

3.2.1.4 Embalse La Mariposa

El embalse La Mariposa (figura 5) está ubicado en la carretera nacional Las Mayas, a 8 kilómetros de Caracas. Fue construido entre 1946 y 1949 por la empresa Diques y Canales C.A. El agua que sale de este embalse está destinada a abastecer a sectores del oeste de la ciudad de Caracas;

La Mariposa posee una capacidad máxima de almacenamiento de 8 millones de metros cúbicos de agua y tiene una superficie total de 54 hectáreas. Es el mayor reservorio de agua de Caracas y la primera obra hidráulica moderna con la que contó la capital. Está construido sobre el curso del río Valle, pero recibe un gran aporte de agua bombeada del río Tuy (Hidrocapital, 2007).

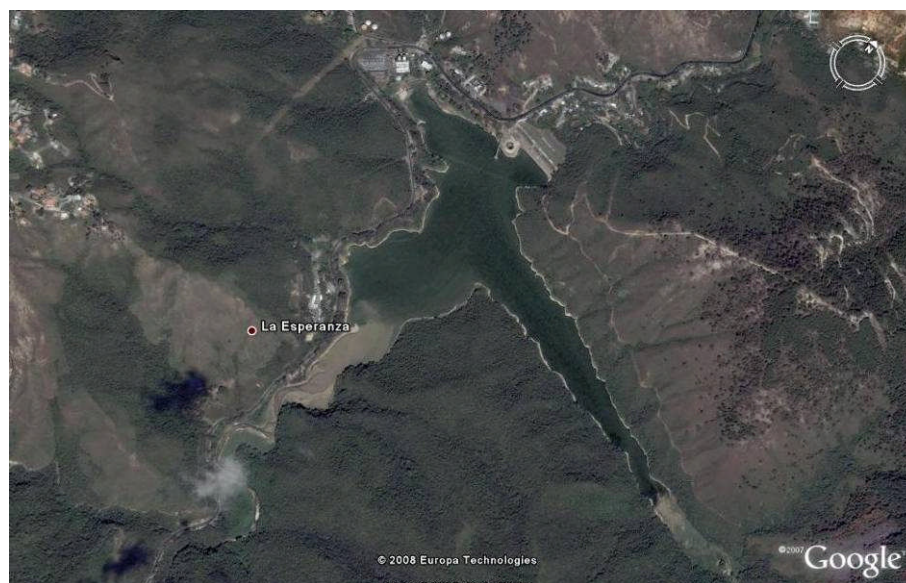


FIGURA 5. Embalse La Mariposa.
Fuente: Google, 2008.

3.2.1.5 Embalse Quebrada Seca

El embalse Quebrada Seca (figura 6) está situado entre Santa Teresa del Tuy y San Francisco de Yare, en el estado Miranda. Fue creado entre 1960 y 1961 por la empresa Veletrini Bergamin. Quebrada Seca forma parte del Sistema Tuy Medio y aporta agua a la ciudad capital. La capacidad máxima de este embalse es de 8 millones de metros cúbicos, y cuenta con una superficie total de 95 hectáreas (Hidrocapital 2007).

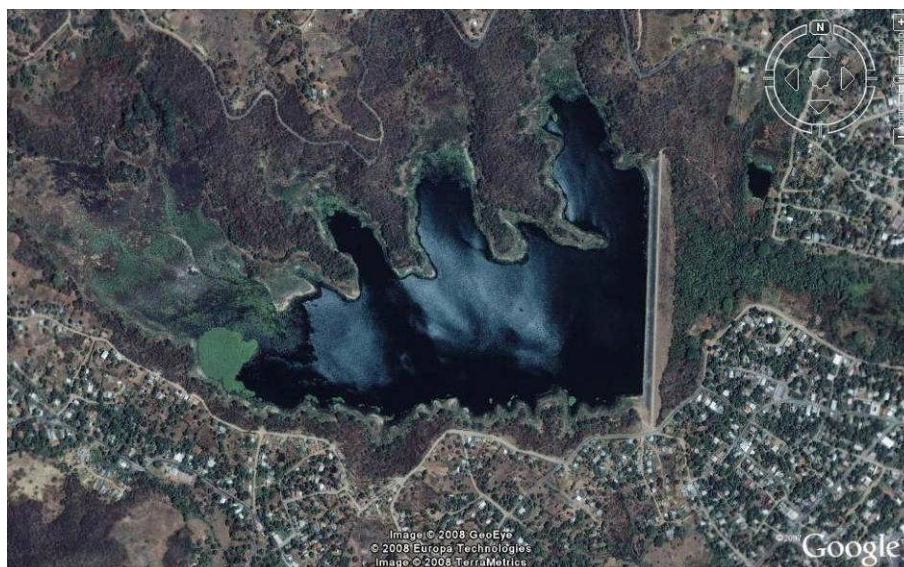


FIGURA 6. Embalse Quebrada Seca.
Fuente: Google, 2008

La empresa Hidrocapital cuenta con catorce plantas de tratamiento, entre las que se destacan Caujarito, la Mariposa y la Guairita (figura 7). Tras los procesos coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección Hidrocapital garantiza a los hogares agua 100% potable.

Actualmente, Caracas recibe entre 13.000 y 14.000 litros de agua por segundo, lo que indica un déficit de aproximadamente 5.000 litros/seg, ya que en condiciones normales se consumen 18.000 litros por segundo. Esta situación obedece a que desde el año 2000 no se recibe un aporte significativo de lluvia a los diferentes embalses abastecedores (Quintero, 2003).

Hidrocapital continuará haciendo enormes esfuerzos para garantizar el servicio de agua potable. Sin embargo, todo el trabajo y todos los recursos que se destinan para ello serán insuficientes si la población no hace un uso racional del agua potable (Hidrocapital, 2007).



FIGURA 7. Caracas y sus embalses abastecedores.
Fuente: Rojas, 2007.

3.2.2 El suministro de agua en Ciudad de México D.F. (México)

Ciudad de México se ubica en la zona central de la república mexicana, en la parte oriental de la mesa de Anáhuac, a una altitud promedio de 2.683 msnm. (National Research Council *et al*, 1995). Con una población que se acerca a 20 millones de habitantes, el abastecimiento de agua para la creciente población de Ciudad de México representa un gran reto, pues la situación del abastecimiento de agua en la ciudad está cerca a una crisis. La escasez de agua unida a las necesidad de hacer obras de reparación de la infraestructura hídrica, provocan cortes en el distrito Federal. En repetidas ocasiones, en el mes de abril, las presas que abastecen la ciudad registran mínimos históricos de abastecimiento, provocando cortes de líquido. En una visita con periodistas a la presa de Villa Victoria el 8 de abril de 2008 el titular

de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), José Luis Luege, dijo: "Nunca hemos estado en niveles tan bajos". De prolongarse más de lo debido la ausencia de precipitaciones, y confirmarse el pronóstico de "año seco", las restricciones podrían extenderse, apuntó Luege.

El continuo crecimiento urbano, junto con el escaso financiamiento, han limitado la capacidad del gobierno para extender la red de abastecimiento de agua a las áreas que carecen del servicio, reparar fugas y tratar las aguas residuales. La sobreexplotación de los niveles de agua del subsuelo en el transcurso de los últimos 100 años, ha provocado un hundimiento del suelo de la región; como consecuencia, el nivel de la superficie del área metropolitana ha sufrido un descenso de 7,5 metros con respecto al nivel de referencia original; esto propicia condiciones para que existan más inundaciones en la ciudad, lo que a su vez provoca daños a la infraestructura, especialmente a las redes de agua potable y drenaje. Estas dificultades, combinadas con el manejo inadecuado de desechos peligrosos, provocan que el acuífero y el sistema de distribución sean vulnerables a la contaminación, con los consecuentes riesgos para la salud pública. (National Research Council *et al*, 1995).

En todo el país caen 1.511 km^3 de agua anual, el equivalente a una piscina de un kilómetro de profundidad del tamaño de su capital, el Distrito Federal. El 72% (1.084 km^3) de esa agua de lluvia se evapora; México es en su mayoría un país árido o semiárido (en un 56%). El 67% de las lluvias mexicanas caen en los meses de junio a septiembre.

El agua que se requiere para la ciudad proviene de tres fuentes: cerca de un 70% se extrae del subsuelo del valle de México, donde se encuentran los acuíferos más importantes; aproximadamente un 30% se importa de las cuencas del Lerma (figura 8) y del Cutzamala y un pequeño porcentaje restante proviene de manantiales y otras fuentes superficiales (TLALOCAN, 2006).

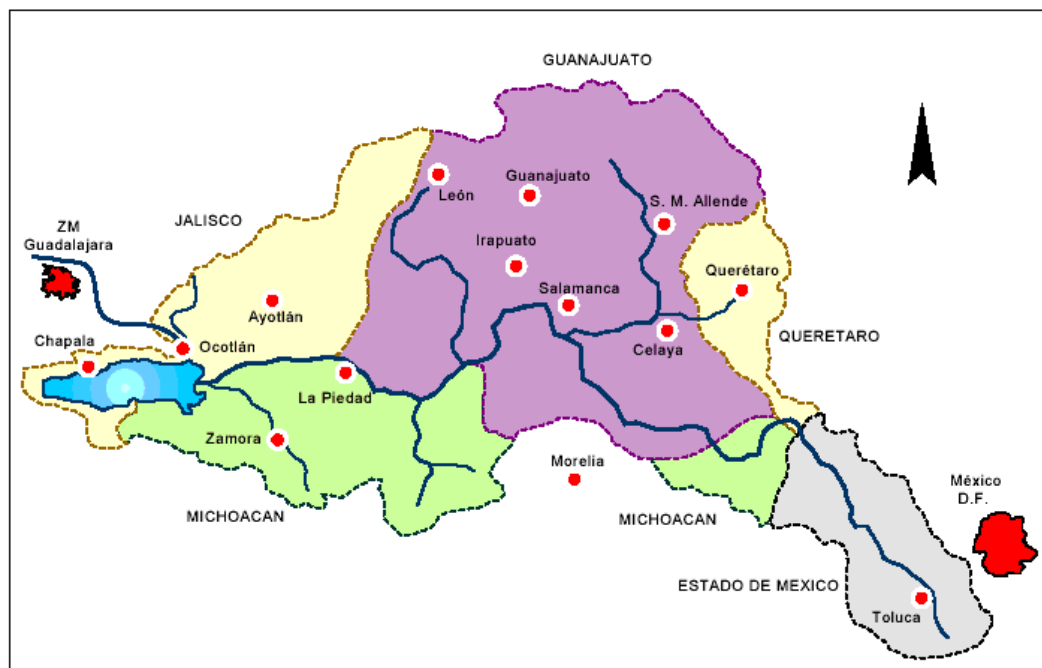


FIGURA 8. Cuenca de Lerma.

Fuente: Rojas, 2007.

La cuenca del río Lerma se encuentra bastante intervenida debido al establecimiento de los embalses que surten de agua las poblaciones asentadas en la ella, a las ciudades cercanas y no tan cercanas como Guadalajara (con 4 millones de habitantes que consumen $5.5 \text{ m}^3/\text{seg}$) y México DF. Esta extracción de agua viene afectando el lago Chapala, (figura 9) de origen natural, el más grande de México (de 1.112 Km^2 de superficie y una profundidad máxima de 7 m.), ubicado entre los estados de Jalisco y Michoacán. El lago recibía aportaciones del 50% del río Lerma y actualmente sólo del 10%, siendo su principal aporte el de las precipitaciones, lo cual, unido a los problemas de sobre extracción, bombeo ilegal para riego, altos niveles de sedimentación y contaminación de tipo bacteriológica y química generada principalmente por residuos industriales, químicos agrícolas y aguas negras municipales, que ponen en crisis el lago Chapala, evidenciado así un problema no sólo técnico sino de administración y gestión integral del agua (France Telecom España S. A., 2008).

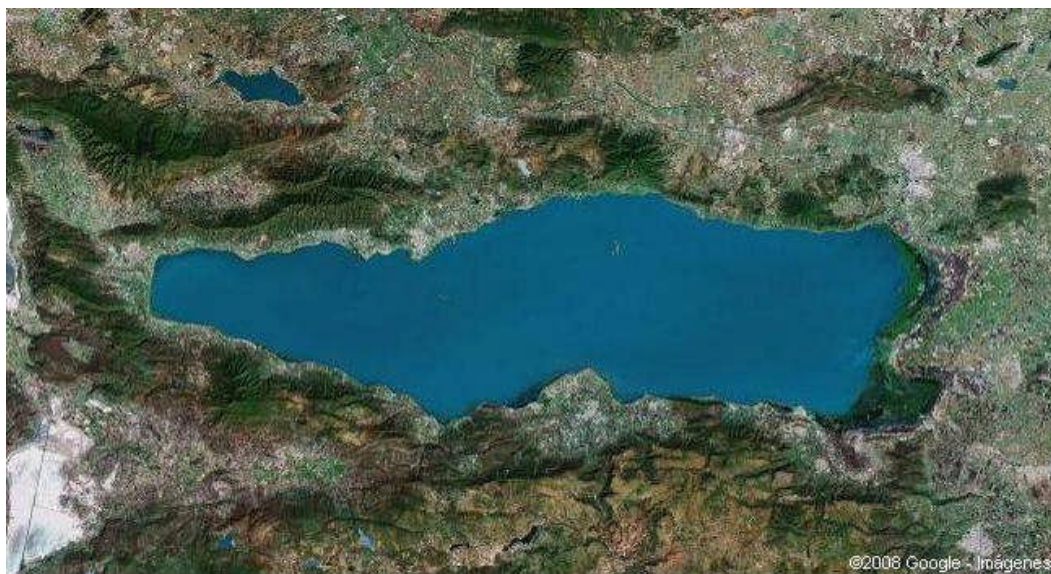


FIGURA 9. Lago Chapala, Cuenca de Lerma.

Fuente: Google, 2008.

Actualmente para poder subsistir, Ciudad de México necesita diariamente un promedio de 35 a 37 m³ de agua por segundo. El Sistema Cutzamala, aporta poco más de 9 m³, el Sistema Lerma por encima de 4, excepto en temporada de estiaje en donde se cancela el suministro a la capital; el gran resto es aportado por manantiales y pozos particulares ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, los cuales alcanzan ya una profundidad de hasta 450 metros (TLALOCAN, 2006).

Esta cantidad de agua proveniente de fuentes subterráneas y externas al valle, se transporta dentro del Distrito Federal por medio de 514 km de acueductos y líneas de conducción hacia 297 tanques de almacenamiento, para posteriormente llevarlas a los usuarios a través de 910 km de redes primarias y 11.900 Km de redes de distribución. Cabe destacar que del total de las tomas el 98% son domiciliarias y sólo el 2% es distribuida por medio de carros cisterna (Gómez, 2000).

La decisión de traer agua desde cuencas ubicadas fuera del Valle de México se debió en gran parte a los primeros impactos ocasionados por el hundimiento de la ciudad por la extracción de agua del subsuelo. El desmesurado crecimiento de la población durante los años treinta del s. XX, hizo evidente que las fuentes subterráneas no serían suficientes para abastecer la demanda de miles de nuevos habitantes. Hay que recordar que la cuenca donde se asienta la Ciudad de México y su área metropolitana se encuentra rodeada de cinco cuencas, siendo las más cercanas las de Lerma y la de Cutzamala. Las otras tres son las de Amacuzac, la de Libres Oriental y la del río Tecolutla. De todas ellas, las dos primeras resultaban más apropiadas en convertirse en las primeras aportantes de agua a la ciudad de México. Así fue, la de Lerma 6 m³ por segundo (8,6% del total) y de Cutzamala 14,4 (21,3% del total). En resumen, se trata de 20,3 m³ por segundo y 30% de todo el abastecimiento. El agua de ambos sistemas se conduce a la ciudad por medio de grandes acueductos de concreto (Legorreta *et al*, 2007).

El abastecimiento de agua más importante para la población proviene del acuífero del Valle de México. Ello se debe a que es más barato extraerla del subsuelo que traerla de otros lugares. Sin embargo, en los años 1950 se tomó la decisión de extraer y transportar el agua, primero de la Cuenca del río Lerma y después del Cutzamala debido a la sobreexplotación del acuífero, que podía apreciarse en el hundimiento de la Ciudad.

Actualmente hay un déficit de 7 m³ por segundo y de continuar la tendencia actual de crecimiento de la población y de demanda de agua, para el año 2010 se considera que habrá un déficit de 12 m³ por segundo. Ello implicará tener que traer más agua de otros lugares; o bien que la población realice un consumo sustentable del agua que permita a la ciudad ser autosuficiente (TLALOCAN, 2006).

Como se señaló antes, la sobreexplotación del agua subterránea y el uso inadecuado de las fuentes superficiales contribuyó a que se buscarán nuevas opciones de abastecimiento más allá de la cuenca propia. En ese contexto surgieron los grandes trasvases de agua en la ciudad de México.

El proyecto comienza con la construcción del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán para captar el agua y generar electricidad. Luego una obra hidráulica para transferir el agua desde la cuenca de Lerma aprovechando las lagunas que se encontraban en una cota de 300 metros arriba del nivel de la ciudad. Pero, debido al agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca de Lerma, los conflictos regionales y los hundimientos progresivos del subsuelo de la ciudad de México por la extracción del agua, determinaron traerla de la cuenca del Balsas, donde se ubica el Cutzamala; esta obra se inició en los años 1980, implicó la construcción de ocho presas localizadas en la parte alta de la cuenca, además de vencer la dificultad de la distancia de 130 km hasta la ciudad de México y salvar los niveles topográficos de 1.100 m. Algunas presas estaban en cotas muy por debajo de la ciudad, lo que implicó utilizar equipos de bombeo de altos costos energéticos para elevar agua.

Los requerimientos de agua siguen en ascenso y se ha planteado continuar con la política de trasvases a la ciudad de México desde cuencas lejanas. Actualmente, se propone realizar la cuarta etapa del sistema Cutzamala, proyecto muy controvertido porque implica la construcción de una presa en el río Temascaltepec, lo que afecta aún más a la región, por la serie de problemas sociales y ambientales que van asociados (MMDADH, 2003).

Cada año se invierten en el Sistema Cutzamala 1.600 millones de pesos (97,34 millones de euros) para transportar a la zona metropolitana 14,4 m³ de agua por segundo. Cada litro recorre por los

acueductos y las tuberías una distancia de unos 140 km superando, gracias a un costoso sistema de bombas, un desnivel de 1.366 metros. La energía consumida para llevar el agua de las ocho presas del Cutzamala hasta la planta potabilizadora de Los Berros (Iris, 2006).

De los 14,4 m³ por segundo de agua que el sistema Cutzamala lleva al Distrito Federal, se desperdician 12,35 m³ de agua por segundo por fallas en la red hidráulica. Es decir, que el sistema sólo compensa las fugas, mientras decenas de comunidades mazahuas se quedan sin agua (Iris, 2006).

3.2.3 El agua en Bogotá (Colombia)

Bogotá se localiza a 2.640 msnm. en un altiplano al pie de los cerros de Monserrate (3.152 msnm.) y Guadalupe (3.250 msnm.), en la Cordillera Oriental de los Andes. El clima es templado con una temperatura media anual de 14°C.

Bogotá, una megalópolis de aproximadamente 7 millones de habitantes, tiene un cubrimiento de acueducto de 100%. Desde finales del siglo XIX comienza a crecer la población capitalina; esto propició que la administración de la ciudad empezara a mostrar interés en orientar el manejo del agua según las tendencias de las ciudades europeas y norteamericanas (Jiménez y Valderrama, 2007).

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) surte a la ciudad y a siete municipios aledaños, con cuatro embalses que cuentan con más de 186 millones de m³ de fluido.

La EAAB fue fundada en 1955 con el fin de prestar exclusivamente el servicio de alcantarillado y desagües; en 1959 se terminó la construcción de la planta de tratamiento de Tibitóc, capaz de almacenar 887 mm³ (millones de metros cúbicos). Es la encargada de traer más agua a Bogotá.

La empresa viendo el acelerado crecimiento de la ciudad, puso en marcha el proyecto Chingaza y en 1972 se iniciaron las obras, las mismas que se completaron con la construcción del embalse de San Rafael que empezó a funcionar en 1997. Los embalses abastecedores de la ciudad manejan aproximadamente las siguientes cifras:

- Embalse de San Rafael (Sistema Chingaza): 61 millones 210 mil m³; 96,36% de su capacidad de almacenamiento.
- Chuza (Sistema Chingaza): 117 millones 220 mil m³; 48,31% de su capacidad de almacenamiento.
- Chisacá: 6 millones 229 mil m³; 100% de su capacidad de almacenamiento.
- La Regadera: 1 millón 961 mil m³ de agua; 53,87% de su capacidad de almacenamiento. (EAAB, 2007)

De igual forma la EAAB cuenta con las reservas almacenadas en los embalses de Sisga, Tominé y Neusa las cuales pueden utilizarse como fuente adicional para tratar agua en la Planta de Tibitóc y distribuirse a la ciudad a través del sistema interconectado de acueducto.

Los embalses de reserva como Sisga cuentan con valores cercanos a 102 Mm³ (millones de metros cúbicos), Neusa 102 Mm³ y Tominé 690 Mm³ que comparten para usos agropecuarios y generación de energía y son operados por la CAR (Corporación Autónoma Regional) y la Empresa de Energía de Bogotá (EEB). El volumen anterior se reduce

a 351 Mm³ teniendo en cuenta los embalses muertos y el caudal realmente regulable en un período anual de Tominé, que no supera los 170 Mm³ (Álvarez, Daza y Páez, 2007).

El sistema Chingaza (figura 10) aporta actualmente para Bogotá 13,3 m³/s. El retorno de este caudal es utilizado para la generación eléctrica.



FIGURA 10. Embalse, sistema Chingaza.
Fuente: Andres Faccini, 2008.

El embalse San Rafael (figura 11), sistema Chingaza, está localizado al nororiente de Bogotá, en el Parque Nacional Chingaza, a una distancia por carretera de 55 Km de la ciudad, este embalse se construyó en la hoya del río Teusacá, aguas debajo de la planta de tratamiento Francisco Wiesner del acueducto de Bogotá, con el fin de asegurar el suministro adecuado de agua a la ciudad, y a los municipios integrados de la red matriz; el embalse consta de una presa, un túnel de desviación, un dique auxiliar, una galería de drenaje, estructuras de captación, tuberías, entre otros (INGETEC S.A., 2007).



FIGURA 11. Embalse San Rafael, Sistema Chingaza.
Fuente: Gelorza, 2008.

Chuza (Sistema Chingaza). El embalse de Chuza del sistema Chingaza está ubicado en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá en el páramo del mismo nombre, a una distancia de 80 km., de la ciudad y a una altitud de 3.000 msnm. En la actualidad hay acceso por vía terrestre, entre la ciudad de Bogotá y el municipio de la Calera, y por medio de otra vía que comunica la Calera con el embalse de Chuza. Este sistema cuenta con tres fuentes principales de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá, correspondientes a los Agregado Norte y Agregado Sur los cuales están interconectados a través de la red de distribución de manera que, en alguna medida, unos son complemento de otros.

Los embalses de Chisacá y la Regadera, componentes del sistema sur de abastecimiento de la EAAB, permiten el suministro de agua potable para 250.000 personas que habitan en la localidad de Usme. La represa de Chisacá tiene como afluentes los ríos Chisacá, Mugroso y Tunjuelo. La Represa Chisacá está localizada al sur – oriente de la sabana de Bogotá.

En la siguiente figura se representa en el esquema de abastecimiento de agua a la población bogotana.

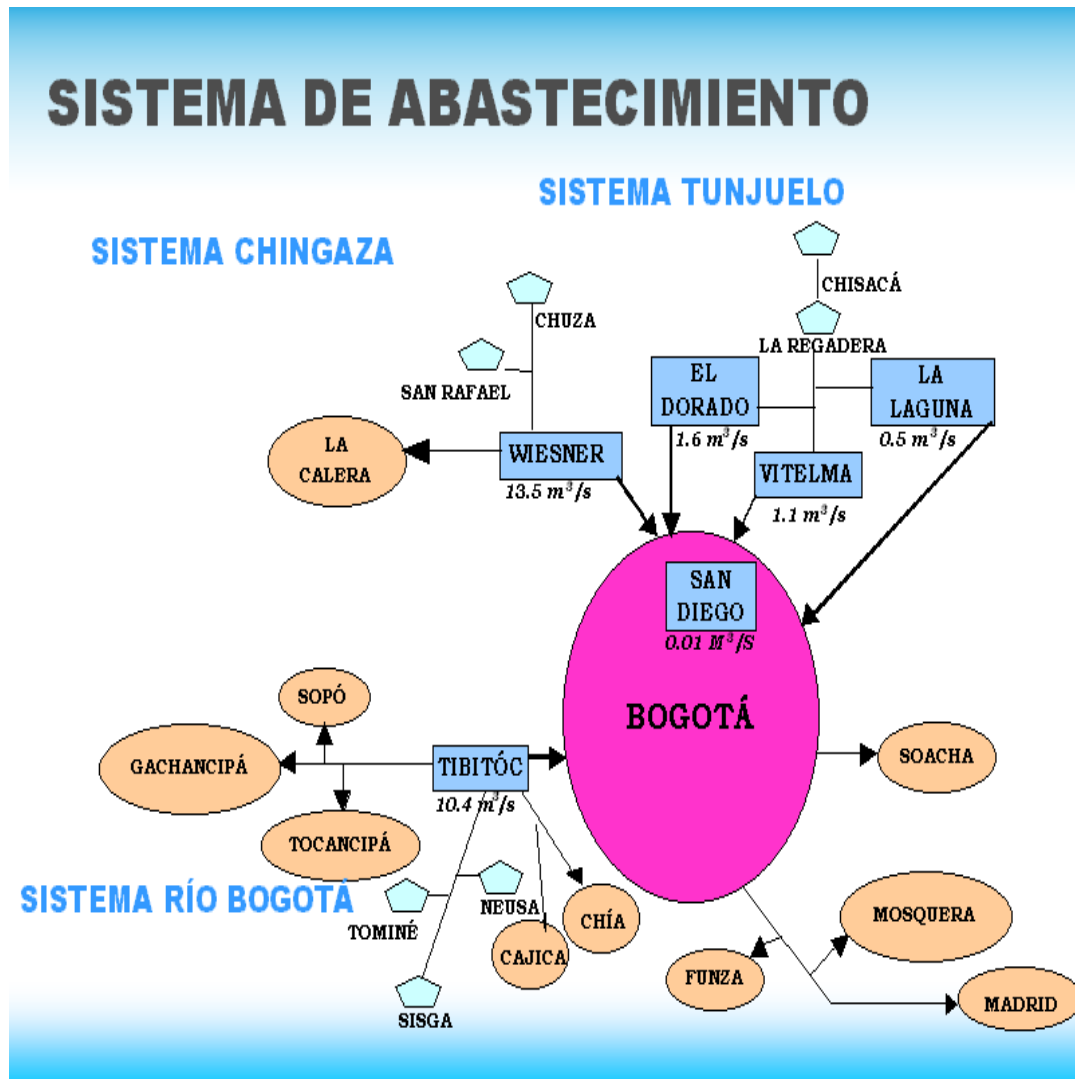


FIGURA 12. Esquema de abastecimiento de agua en Bogotá y poblaciones aledañas.
Fuente: Concejo de Bogotá, 2006.

En Bogotá no existe un déficit actual de suministro de agua proveniente de los diferentes embalses, pero el 40% del agua potable que produce se pierde por fugas y fraude, según señala la Contraloría Distrital.

La población bogotana genera la gigantesca carga orgánica de 530.000 kg/día de DBO5, que es arrojada al río Bogotá casi sin ningún tratamiento, pues la planta existente trata solamente un 30% de las aguas negras de Bogotá a nivel primario y se remueve aproximadamente un 25% de la DBO5.

A lo anterior se añade la carga orgánica de origen industrial, que a pesar de mejores controles aplicados por el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de la ciudad de Bogotá (DAMA) sigue siendo alta: un exceso de 50.000 Kg por día de DBO5.

El río Bogotá posee una longitud de unos 370 km, 180 de los cuales, por encontrarse en la zona alta del río, recibe contaminación apenas moderada si se le compara con la que aporta la ciudad de Bogotá. Sin embargo, en esa zona alta existen desarrollos industriales, comerciales y residenciales que de todas maneras contribuyen a la contaminación del río. Unos 70 km del río corren junto a la ciudad de Bogotá, recibiendo contaminación masiva. Otros 120 km. atraviesan la en otros tiempos bella región del Tequendama (salto del) transportando gran parte de la contaminación desde una altura cercana a 2.600 msnm., en la Sabana, a una altura de aproximadamente 600 msnm., en Girardot, punto de confluencia de los ríos Bogotá y Magdalena.

La enorme carga orgánica que recibe el río y el escaso nivel de tratamiento, que no alcanza al 10% del total, hacen que la contaminación sea extrema, convirtiendo al río Bogotá en uno de los más contaminados del mundo. En su zona media, el río alcanza niveles de DBO5 en exceso de 130 mg/l, que no se diferencian de los observados en aguas negras concentradas. El oxígeno disuelto se reduce a cero pocos kilómetros después de la entrada del primer afluente contaminado, el río Salitre o Juan Amarillo, y continúa de esta manera hasta la desembocadura del Bogotá en el Magdalena. La entrada al río Bogotá de los otros dos afluentes altamente contaminados, el Fucha y el Tunjuelo, contribuye a que la situación del Bogotá se mantenga crítica.

En materia bacterial, los microorganismos coliformes de origen fecal, constituyen más del 25% del total de bacterias presentes. La combinación de estos factores da al río aspecto muy desagradable, su olor es fétido y repugnante y sus aguas son extremadamente peligrosas para la salud.

A pesar de la aireación generada por la alta pendiente del río entre el punto de Alicachín al extremo sur de la Sabana y Tocaima, éste no logra recuperarse; un poco más adelante de Tocaima el río se desoxigena nuevamente debido a la alta DBO5 que permanece en sus aguas. Así las cosas, el río Bogotá entra al Magdalena sin oxígeno disuelto y con alta concentración de materia orgánica, atentando contra las condiciones ecológicas y económicas del primer río de la Nación (García, 2007).

El problema principal del agua en Colombia es por tanto un asunto de calidad antes que de cantidad y la principal contaminación proviene de los diferentes vertidos y residuos sólidos generados por la población urbana y el sector agrícola (Guhl, 2007).

A continuación, en la tabla 11, se hace un resumen con las principales características del suministro de agua potable en las diversas ciudades metropolitanas seleccionadas.

TABLA 11. Comparación suministro de agua en diferentes ciudades, 2008.

Ciudad o centro urbano / país	Población que abastece	Embalse / Sistema	Cuenca o fuente	Problema principal
Caracas (Distrito Capital)/ Venezuela	4 millones de habitantes	Camatagua (50%) Lagartijo (25%) Taguaza (aprox. 15%) Embalses compensatorios: La Mariposa, La Pereza Ocumarito, Quebrada Seca Taguacita. (10% aprox. del abastecimiento)	Río Guárico y Las Quebradas Camatagua, Ojo de agua y Calanche Río Tocuyito Río Guatáparo Río Zuata Río Guatáparo	Déficit de 5.000 Lt/s
Ciudad de México/ México	20 millones de habitantes	Sistema Cutzamala (21,3%) (14,4 m ³ /seg.) Sistema Lerma (70 Km aprox.) (8,6%) Sistema Subterráneo (70%) Manantiales: 0,5 m ³ /seg Río Magdalena: 0,2 m ³ /seg, ambos (0,01%)	Río Cutzamala, Río Zitácuaro, Río Tuxpan, Río Purungueo, Río Tilostoc Río Tlalpujahua Río el Cachivi, el Tanhuato, El Angulo y El Duero.	Sobreexplotación de las aguas subterráneas. Crecimiento urbano Escasos recursos financieros para extender la red de suministro
Bogotá (Distrito Capital)/ Colombia	7 millones de habitantes	Embalses: San Rafael Chuza (sistema –Chingaza) (54%) Chiscá La Regadera (4,4%) Sisga Tominé Neusa (41,6%)	Río Teusaca, Ríos Chisacá, Mugroso, Tunjuelo	Contaminación

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar las diferentes áreas metropolitanas en cualquier latitud se abastecen de fuentes externas a sus territorios, pues las cuencas que suministran agua a los embalses tienen su origen por fuera de sus límites territoriales. El crecimiento de las conurbaciones ha obligado la búsqueda de nuevas fuentes de agua, en la medida en que crecen los centros urbanos al punto de convertirse cada vez en insuficientes las que inicialmente abastecían los pequeños poblados, situación que lleva a los gobiernos a promover nuevos proyectos que permitan garantizar el abastecimiento necesario. Pero no siempre es factible el establecimiento de nuevos proyectos, pues cada vez las aguas están más lejos o menos disponibles por el grado de deterioro en que se encuentran. Asimismo, los altos costos que ocasionan los nuevos proyectos en infraestructura resultan ser inviables económica y socialmente, o ambientalmente insostenibles, razón por la cual es imprescindible un cambio en la mentalidad de los usuarios y en la gestión del recurso.

4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON OBJETO DE ORDENACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

*“El hombre tierra fue, vasija, párpado
del brazo trémulo, forma de la arcilla,
fue cántaro caribe, piedra chibcha,
copa imperial o sílice araucana.
Tierno y sangriento fue, pero en la empuñadura
de su arma de cristal humedecido,
las iniciales de la tierra estaban escritas”.*

PABLO NERUDA

4.1 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio corresponde al área de abastecimiento de agua potable del conglomerado urbano conocido como área metropolitana del valle de Aburrá, cuya ciudad eje es Medellín. Dicha zona de abastecimiento es la cuenca del río Grande, de la cual se surte el embalse Río Grande II, proyecto denominado “aprovechamiento múltiple del Río Grande”, concebido por Empresas Públicas de Medellín EPM, con dos propósitos básicos: suministrar agua para el acueducto metropolitano hasta el año 2020 y generar energía para atender la demanda regional y nacional. Está ubicada en el denominado altiplano norte del departamento de Antioquia en Colombia, Suramérica. (Figura 13).

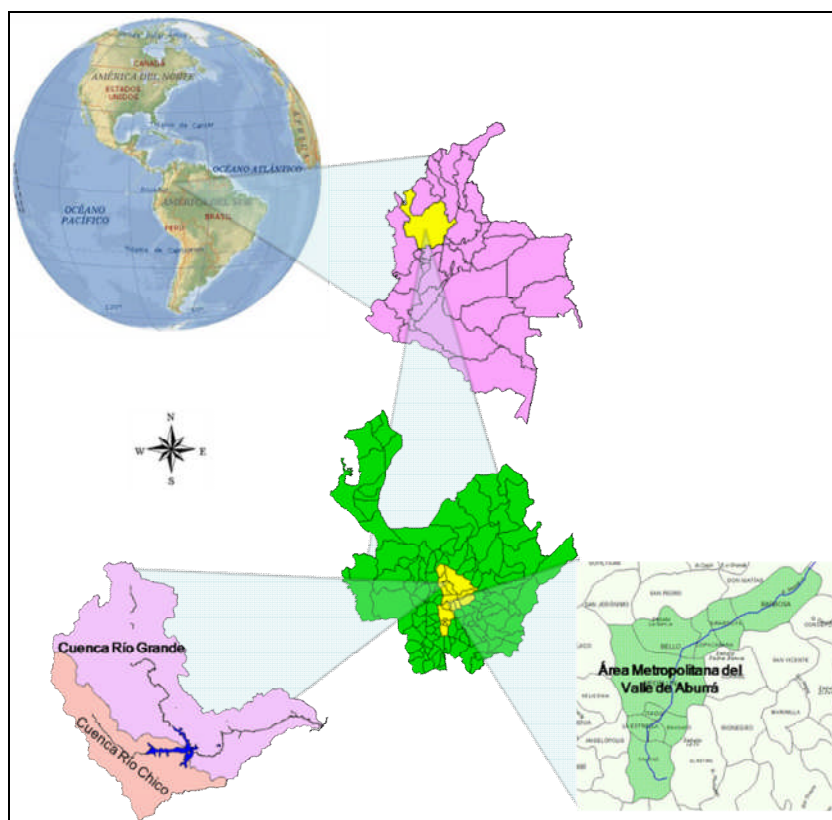


FIGURA 13. Localización general del área de estudio.

Fuente: La autora, 2008

El estudio se centra en la cuenca del río Grande por ser el área de interés para el mantenimiento del servicio de agua al área metropolitana del Valle de Aburrá, localizada en el centro-sur del departamento de Antioquia, Colombia, en medio de la cordillera Central de los Andes; conformada de Norte a Sur por los municipios de: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas.

El área de abastecimiento de agua correspondiente a la cuenca del río Grande se localiza entre los 6° y 7° de latitud Norte y 75° y 76° de longitud Oeste, en jurisdicción de los municipios de Santa Rosa de Osos, Entreríos, San Pedro de Los Milagros, Don Matías y Belmira. La cuenca del río Grande forma parte de la cuenca del río Porce, cuyas aguas afluyen al río Nechí, tributario del río Cauca, que posteriormente desemboca al río Magdalena.

En la figura anterior se presenta un mapa general del área de estudio indicando los municipios que conforman las cuencas de los ríos Grande y Chico y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

El río Medellín o Aburrá, de donde el valle toma su nombre, lo recorre de sur a norte y, en su recorrido, recibe varios afluentes. El valle está enmarcado por un relieve irregular y pendiente, que oscila entre 1.300 y 2.800 metros sobre el nivel del mar. Es un valle estrecho, de unos 3 kilómetros de ancho promedio, aunque en su parte más amplia puede tener 8 o 9 km., y una longitud aproximada de 60 km. (Figura 15).



FIGURA 15. Panorámica del área metropolitana del Valle de Aburrá.

Fuente: La autora, 2008.

4.2 RASGOS SOCIALES Y DEMOGRÁFICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.1 Antecedentes históricos de la organización del valle

El valle de Aburrá fue descubierto por el ejército español en agosto de 1541 en una expedición al mando de Jerónimo Luís Téjelo, quien obedecía órdenes del Mariscal de Antioquia, Jorge Robledo, en búsqueda de tierras y riquezas de oro (Terra Networks Colombia S.A., 2007). El valle, denominado por los españoles Valle de San Bartolomé, estaba ocupado en el siglo XV por indígenas.

La necesidad de encontrar nuevas minas de oro en el norte y el oriente de la provincia, llevó a que muchos adinerados y comerciantes de Santa Fe de Antioquia siguieran el camino de Rodas y buscaran organizar hatos ganaderos, con el objetivo de abastecer de carne a los trabajadores de las minas de los altiplanos, lo que originó el incipiente poblado de San Lorenzo de Aná, sobre la margen derecha del río Aburrá (hoy Medellín) y la margen izquierda de la quebrada de Aná o Aguasal (hoy Santa Elena). El pueblo crece bajo la Ley de Indias; su característica básica corresponde a una distribución de retícula en damero alrededor de la plaza o parque principal, en donde se localizan los poderes administrativos y eclesiásticos; a partir de aquí se expanden en manzanas el resto de las construcciones. Medellín crece así alrededor de la plaza principal del parque de Berrío y la Iglesia de Nuestra Señora de la Candelaria (Sierra, 2004).

En poco tiempo el poblado se convirtió en un crisol de razas, y en 1675 en el sitio de Aná se funda la Villa de Nuestra Señora de la Candelaria de Medellín. Para esta fecha, la población está básicamente compuesta por el hombre blanco español, mulatos, mestizos, e indígenas provenientes de Peque y Ebéjico (Sierra, 2004).

En el s. XVII personas procedentes de Santa Fe de Antioquia, que a su vez venían de localidades españolas de Asturias, Extremadura y Jerez, al encontrar las tierras del Valle de Aburrá ocupadas, decidieron situarse en el alto oriental, hoy territorio de Ríonegro, Marinilla y La Ceja (Sierra, 2004).

A finales de s. XIX ocurre la transición de pueblo grande a ciudad. El hecho más destacable de la época, en términos urbanos, corresponde al rompimiento del límite que significaba la quebrada Santa Elena que, al construirse una serie de puentes sobre su cauce como factor de desarrollo, incidió en la generación de nuevos barrios en la ladera nororiental. En los inicios del s. XX y tras las crisis minera y cafetera, se fortalece el auge industrial y comercial en la capital antioqueña convirtiéndola en plaza ideal para campesinos en busca de oportunidades.

En consecuencia, Medellín, de aldea semirrural, pasó a convertirse en una urbe con crecimiento vertiginoso. La llegada masiva de inmigrantes, el nacimiento de empresas y el desarrollo de medios de locomoción como el ferrocarril y el tranvía eléctrico, forzaron a pensar en formas de abastecer la demanda de servicios básicos; lo que se constituiría en la base para el desarrollo.

Este auge industrial y comercial impulsó el crecimiento desmedido y poco planificado de la vivienda, situación que aprovecharon urbanizadores. El Estado por su parte concedía permisos e imponía normas y los otros construían. Conseguir casa no era fácil. A la par, llegaron las invasiones y los asentamientos fuera de ley a los que la administración municipal, Concejo y Alcaldía, reconocían la necesidad de dotarlas con vías, agua y alumbrado público.

4.2.2 Dinámica poblacional

Antioquia tiene actualmente cerca de 6 millones de habitantes, 2,22 millones de ellos ubicados en su capital, Medellín. El área metropolitana tiene más de 3,31 millones de habitantes en sus 10 municipios, con un área construida del 94%, que la convierten en la segunda zona más urbanizada de Colombia después de Bogotá; de hecho, la región metropolitana concentra el 12% de la población colombiana (DANE, 2005) (Tabla 12).

TABLA 12. Población del Valle de Aburrá. Año 2005.

Municipio	Total	Cabecera	Resto
Medellín	2.223.660	2.187.356	36.304
Barbosa	42.547	18.721	23.826
Bello	373.013	359.404	13.609
Caldas	68.157	52.632	15.525
Copacabana	61.421	53.033	8.388
Envigado	175.337	166.742	8.595
Girardota	42.830	25.201	17.629
Itagüí	231.768	209.498	22.270
La Estrella	52.763	28.538	24.225
Sabaneta	44.874	35.528	9.346
Valle de Aburrá	3.316.370	3.136.653	179.717

Fuente: Con base en Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE y Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia. 2005

El área metropolitana del valle de Aburrá presenta una dinámica poblacional de alta concentración en el área urbana, fenómeno registrado desde tiempos pasados. En 1964 era considerable: un 88% y en 2005 la población urbana llegó al 95%, porcentaje que se asienta sólo en el 14,7% del total del área del territorio del valle de Aburrá. Los fenómenos de urbanización y aglomeración de diferentes actividades económicas conducen a altas densidades de población en el valle de Aburrá: 81 habitantes por hectárea (AMVA, 2000).

Pese a que la extensión del valle de Aburrá es de 1.152 Km², existen limitaciones de expansión horizontal dadas las condiciones físicas y topográficas del valle, que induce a que la población se asiente en áreas pendientes de las montañas y se ocupen los municipios vecinos para atender las demandas habitacionales, tras haberse urbanizado las laderas de Medellín.

El perímetro urbano de la ciudad de Medellín presentó una creciente evolución hasta el año 1985. A partir de esta fecha la situación se ha vuelto estacionaria. En el mismo sentido puede señalarse que hasta el año 1963 se hicieron, vía administrativa, inclusiones particularmente intensivas a la ciudad de suelo rural como suelo urbano. Desde entonces y pese a que se sigue consumiendo suelo rural, la tasa de absorción parece haber disminuido. Aunque se requiere más suelo urbano, las condiciones topográficas de Medellín limitan el mayor consumo de suelo rural (YARIPA, 2001).

Entre tanto, la alta montaña ecuatorial del área de abastecimiento de agua, la cuenca del río Grande, estuvo poblada en un principio por distintos grupos andinos prehispánicos, que desarrollaron estrategias de manejo de ecosistemas en diferentes pisos térmicos, aprovechando las variaciones estacionales y la presencia de especies de fauna silvestre. Para estos aborígenes los ecosistemas representan una importancia cultural y mitológica singular. Posteriormente, la conquista y colonización española transformaron y alteraron la ocupación y las relaciones ancestrales con el páramo, momento a partir del cual los páramos comenzaron a ser ocupados, intervenidos y transformados por poblaciones indígenas, campesinos y colonos. Un 13% de la extensión del ecosistema de páramo se encuentra en resguardos indígenas de diferentes comunidades (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

A partir de la explotación minera y agrícola desarrollada por los pobladores del Occidente antioqueño y los del valle de Aburrá en el s. XVIII, se inicia el proceso de poblamiento de la región norte. Durante el s. XIX y hasta principios del XX la principal actividad económica de la mayoría de los municipios del altiplano fue la explotación minera, que fue suplantada principalmente por la ganadería lechera, aunque también se presentaron otros cultivos de pan coger, como maíz, y frijol, dando como resultado la aparición de los poblados de Santa Rosa de Osos, San Pedro de los Milagros, y Belmira en 1757, Don Matías en 1787, y Entreríos en 1827 (YARIPA, 2001).

El poblamiento del norte de Antioquia se inició a principios del siglo XVII con la explotación de las minas de oro de los valles de los Osos y Ovejas, en los ríos Chico y Grande. La instalación de mineros procedentes de las ciudades de Santa Fe de Antioquia y Medellín dio origen en la zona a un modelo económico sustentado fundamentalmente en la minería con mano de obra esclava.

Hacia 1940 la región norte se va perfilando como la despensa hidroeléctrica del valle de Aburrá y del departamento de Antioquia. Al crecer la demanda del recurso y no ser suficiente la oferta del embalse de Piedras Blancas surgen los proyectos de Quebradota en 1958, Troneras en 1962, Miraflores en 1965, Río Grande II en 1990 y Porce II en 1998.

Estos procesos de expansión y consecuente urbanización del valle de Aburrá generan nuevas demandas del área Metropolitana orientadas a la localización de infraestructura y equipamiento, situación que lleva a transformar la base social, económica, ambiental y espacial de otras zonas del departamento, en este caso al altiplano del norte. La población en el altiplano norte o del área de abastecimiento, como se la denomina en esta investigación, es para el año 2005 de 42.719 habitantes, distribuidos en los municipios de Belmira, Santa Rosa de Osos, Entreríos y Don Matías. El 50,05% de la población es urbana (Tabla 13).

TABLA 13. Población de los municipios del área de abastecimiento. 2005.

Área de abastecimiento	Población Urbana	Población Rural	Población Total
Belmira	1.693	4.503	6.196
Don Matías	11.452	6.307	17.759
Entrerríos	3.972	4.480	8.452
San Pedro de los Milagros	10.889	11.211	22.100
Santa Rosa de Osos	14.810	16.218	31.028
Total	42.816	42.719	85.535

Fuente: Con base en Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE y Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia. 2005

Como se puede apreciar en la tabla anterior, Santa Rosa de Osos es el municipio con más población e incluso con mayor número de habitantes en el área rural, de hecho es un municipio donde se ubican la mayoría de las agroindustrias que generan ingresos en la región, por lo que atraen mano de obra.

Aunque actualmente en la región las poblaciones rurales y urbanas presentan características muy semejantes, la tendencia es al aumento de la concentración en las áreas urbanas, que estarían demandando mayor cantidad de bienes y servicios e igualmente ejerciendo una presión sobre el medio rural con los consecuentes problemas ambientales y sociales que ello genera.

Para el año 2005, en el área de abastecimiento se registraron un total de 4.978 unidades de vivienda, distribuidos en la cuenca como se aprecia en la figura 16, evidenciándose mayores concentraciones hacia las cabeceras municipales y menores hacia las partes altas de la cuenca que por lo general coinciden con las zonas más apartadas y de baja infraestructura.

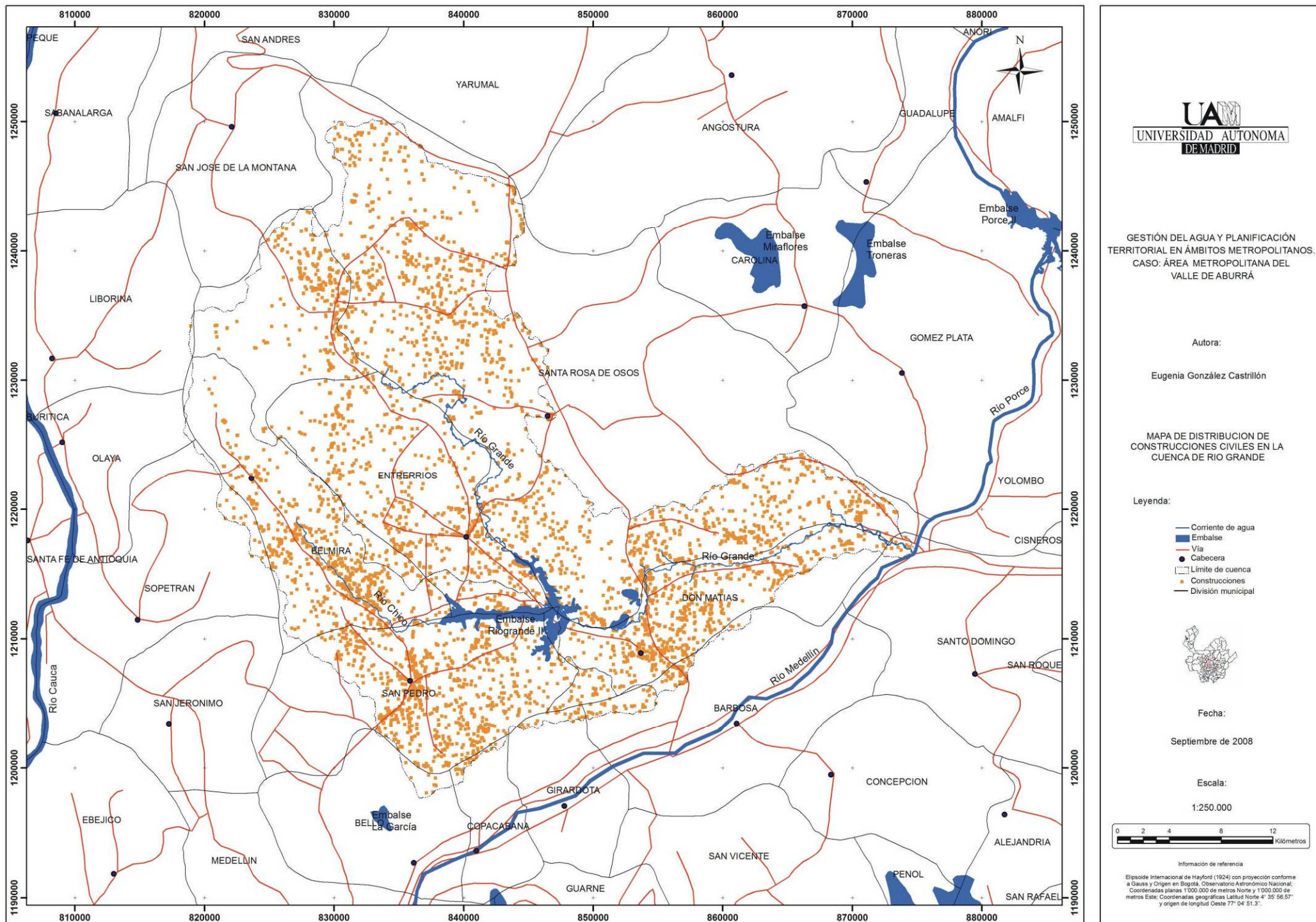


FIGURA 16. Mapa de distribución de construcciones civiles en la cuenca de Río Grande. Fuente: La autora, 2008.

4.2.3 El área de estudio en el entorno regional

El departamento de Antioquia se divide en nueve subregiones, dentro de las cuales la subregión Norte, donde se localizan las cuencas de los ríos Grande y Chico, destaca por la riqueza en recursos naturales, las actividades económicas industriales que se han venido emplazando en su territorio, los servicios de apoyo a la producción, la belleza de su diverso paisaje natural que, combinado con los desarrollos hidroeléctricos, le confiere un alto potencial turístico; asimismo, su ubicación geográfica le permite un intercambio cultural y comercial con otras subregiones del departamento (Gobernación de Antioquia, 2002).

La subregión Norte del departamento de Antioquia en la que se inscribe el altiplano Norte, área de abastecimiento, posee una extensión aproximada de 7.390 Km², Se ubica entre los 2.200 y 3200 metros altura de sobre el nivel del mar, lo que determina un clima relativamente fresco (durante todo el año), con temperaturas medias que oscilan entre 13° y 16°C y una humedad relativa de 79%. Con una población aproximada de 249.950 habitantes y una densidad poblacional de 33.8 habitante por Km²., de los cuales 93.560 habitan en las cabeceras urbanas y 156.390 en el sector rural.

La subregión Norte, en su totalidad, está conformada por 17 municipios de los cuales Belmira, Don Matías, Entreríos, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos hacen parte integral del área de estudio, ocupando una extensión de 178.024ha, correspondiente al 24.06 % de la región (Tabla 14).

TABLA 14. El área de estudio en la región.

Municipios	Extensión municipio (ha)	% de la subregión norte
Belmira	29.734	4.02
Entrerrios	20.881	2.82
San Pedro de Milagros	23.558	3.18
Don Matías	19.488	2.63
Santa Rosa de osos	84.363	11.41
TOTAL	178.024	24.06

Fuente: Elaboración a partir de Departamento Administrativo de Planeación: Catastro Departamental y Dirección Sistema de indicadores (Base de Datos Municipales del SISBEN)

La delimitación administrativa de la región del Norte corresponde a la regionalización del departamento adoptada por la ordenanza No. 41 de noviembre 30 de 1975, que obedeció a criterios socioeconómicos y de localización, expresados en las particularidades de su poblamiento (asociado a la actividad minera), la especialización económica regional en la ganadería lechera, y en su ubicación con respecto al sistema vial (Gobernación de Antioquia, 2002).

Por sus condiciones climáticas es una región afortunada; sobresale la producción de leche, carne y cultivos como la papa, la caña y el café. El uso del suelo se distribuye así: 50% ganadería, 38% agricultura y 22% bosques. El comercio ocupa el 65%, los servicios el 33% y la agroindustria el 1,5% (Gobernación de Antioquia, 2002).

La producción de leche es la actividad de mayor importancia en la región y la más difundida en su territorio; se localiza principalmente en la zona del altiplano o meseta de los Osos. En la zona de clima templado y cálido se encuentran cultivos como la caña y el café, y la ganadería de carne y doble fin (Gobernación de Antioquia, 2002).

Igualmente, la generación de energía eléctrica es una actividad representativa de la región, desarrollada mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos, dadas de las características favorables topográficas, geológicas y pluviométricas.

Algunos centros urbanos como Don Matías, San Pedro, Entreríos y Santa Rosa se han beneficiado de la proximidad y buena accesibilidad al área Metropolitana del valle del Aburrá, desarrollando una incipiente industrialización, especialmente en los sectores de la confección, bebidas y alimentos, ligada a la dinámica industrial del valle del Aburrá; con excepción de la industria de derivados lácteos que es complementaria a la base económica regional.

Pese a la diversidad de la base económica, sólo la actividad lechera establece encadenamientos económicos hacia atrás y hacia adelante, dinamizando no sólo otras actividades pecuarias como la porcicultura, sino también las de procedimiento, como la industria de concentrados y derivados lácteos. Este tipo de desarrollo genera claros beneficios a la población concentrada en el altiplano Norte, donde se da esta actividad, existiendo marcados desequilibrios con respecto a los municipios de vertiente, no sólo en cuanto al desarrollo económico sino también al social y a la dotación de infraestructura física y equipamiento.

En cuanto al sistema de asentamientos, la región no está articulada ya que los núcleos urbanos se comportan como pequeños lugares centrales que no se complementan funcionalmente; todos ofrecen en mayor o menor medida el mismo tipo de funciones comerciales y de servicios del más bajo orden, siendo bastante rara la presencia de funciones diversificadas y especializadas, lo que hace muy reducida sus áreas de influencia en general. La diversidad tan sólo puede verse en el territorio municipal de cada centro local de servicios (cabecera municipal). Se trata de localidades muy dispersas en el espacio geográfico, muy desconectadas entre sí, con medios de transporte costoso, ineficiente y poco frecuente.

La carencia de un centro regional que preste servicios más especializados, y que por su tamaño, diversificación funcional, localización y accesibilidad tenga una mayor especialización económica, complementaria a la dinámica agropecuaria regional, impide de un lado, que el sistema de asentamientos pueda cumplir su papel de difusión del desarrollo y no se limite simplemente a ser receptor del mismo. De otro lado, implica la gran dependencia funcional de la región con respecto al área metropolitana del valle del Aburrá, ya que los requerimientos de bienes y servicios incluso los más comunes, son buscados en este centro, el cual se desempeña también como mercado final para la producción de la región.

El predominio de las redes de mercado y transporte de tipo radial con epicentro en Medellín, poco difundidas al interior de la región, y los flujos económicos poco complejos y diversificados son expresión de la debilidad de la economía y de la escasa integración regional, ya que las áreas de mercado de los centros más grandes generalmente no abarcan las áreas de los centros más pequeños. Por el contrario, se presenta un sistema de asentamientos disperso donde los vínculos sólo fluyen verticalmente del área rural al centro local. De ahí hacia el norte la integración se da sólo parcialmente entorno al municipio de Yarumal.

Los asentamientos de población del área de estudio, tanto en el Valle de Aburrá como en el área de abastecimiento, presentan un aumento del tamaño en las áreas urbanas, evidenciando conflictos de demanda de vivienda e infraestructura, generando deterioro del tejido social en términos de los cambios de valores por la inmigración endógena rural a urbana.

La relocalización industrial del valle de Aburrá en las áreas del entorno provoca deterioro ambiental, usos complementarios y tensiones en el uso del suelo.

Conforme se señala en la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas del río Chico y río Grande, los bosques alto-andinos y en especial el páramo, para el caso el de Belmira y Santa Inés, constituyen un ecosistema estratégico para la producción de agua y el fortalecimiento de la biodiversidad. Asimismo, el sistema de humedales del altiplano de Santa Rosa logra su importancia en términos de regulación hídrica de algunas cuencas principales, entre ellas del río Grande para la fijación de carbono en el suelo y el fortalecimiento de la biodiversidad (ECOSISTEMAS, 2005).

Las actividades agrícolas y ganaderas se realizan en las colinas dado que la lámina superficial de aguas no es permanente en los sitios donde se presentan los reservorios, con lo que se dispara la alteración de las propiedades físicas de los suelos y los procesos de erosión y deterioro general de estos. Situación que se aleja de los propósitos de sostenibilidad. Tal como señala la Formulación del Plan de Manejo de las Cuencas de los ríos Grande y Chico 2005, se evidencian problemas relacionados con la falta de planificación y gestión en términos de una carencia de visión integral del desarrollo, problemas derivados de la descoordinación intrainstitucional e interinstitucional, falta de planificación ambiental del territorio a nivel local y regional (ECOSISTEMAS, 2005).

De acuerdo con lo anterior, es precisa la consolidación de una gran región conformada por los municipios de Belmira, Entreríos, San Pedro de los Milagros, Don Matías y Santa Rosa de Osos. Constituida como “Ciudad Región” será despensa agrícola proveedora de bienes y servicios ambientales para el área Metropolitana, considerando como un factor predominante la oferta hídrica y energética que ofrecen las cuencas de los ríos Grande y Chico. (ECOSISTEMAS, 2005). En este sentido, definir una unidad territorial con un horizonte de sustentabilidad y sostenibilidad a partir del recurso hídrico, permite articular las dimensiones ambiental, económica y social en beneficio las poblaciones asentadas no sólo en estas cuencas sino también en las áreas metropolitanas.

4.2.4 Los ecosistemas estratégicos para el valle de Aburrá

“La ciudad no es sostenible ecológicamente, sino en relación con una región que le ayuda a abastecerse de productos localmente escasos y de baja sustituibilidad, al tiempo que le permite liberarse de sus desechos. Los lugares que hacen posible estos flujos de entradas y salidas, son Ecosistemas Estratégicos (EE) y el espacio geográfico que contiene estos ecosistemas son Ecorregión Urbana”, tal planteamiento pertenece a Agudelo (2003).

Para este autor, la calificación de un lugar o ecosistema como estratégico, se hace en el contexto del deseo de conservar, en un estado determinado, un sitio de interés para una comunidad humana. Estado que bien puede ser natural o inducido por el hombre. Es así como resulta estratégico un bosque natural que protege la parte alta de un arroyo o un agroecosistema que produce alimentos para una población colindante. Agudelo advierte además como condición importante para que un ecosistema pueda ser considerado estratégico, que el bien o servicio que se provee sea de baja o nula sustituibilidad local. Lo que significa que a costos razonables, dicho bien o servicio, no se pueda reemplazar o se limite su acceso a la mayor parte de la población.

Dichos ecosistemas estratégicos se ubican en el medio rural, situación ésta que lleva a una consideración amplia y compleja de la relación urbano-rural, en términos del territorio y la funcionalidad. Se hace preciso entonces pensar, en aquellos espacios que servirán para proveer de bienes y servicios ambientales a una población de tal forma haya un equilibrio y solidaridad regional conforme al criterio de sostenibilidad.

De acuerdo con Márquez (2002) estos ecosistemas naturales cumplen con funciones ambientales que se agrupan en las siguientes siete categorías:

- Satisfacción de necesidades básicas: abastecimiento de agua, energía y alimentos
- Productividad económica: provisión oportuna de agua, energía, materias primas
- Prevención de riesgos: control de deslizamientos, inundaciones
- Relaciones políticas, sociales, culturales, históricas: cuencas internacionales, territorios tradicionales
- Mantenimiento de equilibrios ecológicos básicos: regulación del clima e hidrología, conservación de biodiversidad
- Sumidero o vertedero de desechos: atmósfera planetaria, ríos que reciben aguas negras, botaderos de basuras
- Proveedores de recursos naturales: principalmente pesca, maderas finas, extractos medicinales.

El deterioro de los ecosistemas estratégicos implica una disminución en la capacidad de cubrir una necesidad que a su vez repercute en un encarecimiento del recurso pudiendo inducir fenómenos de empobrecimiento, explica Márquez (2002) (figura 17).

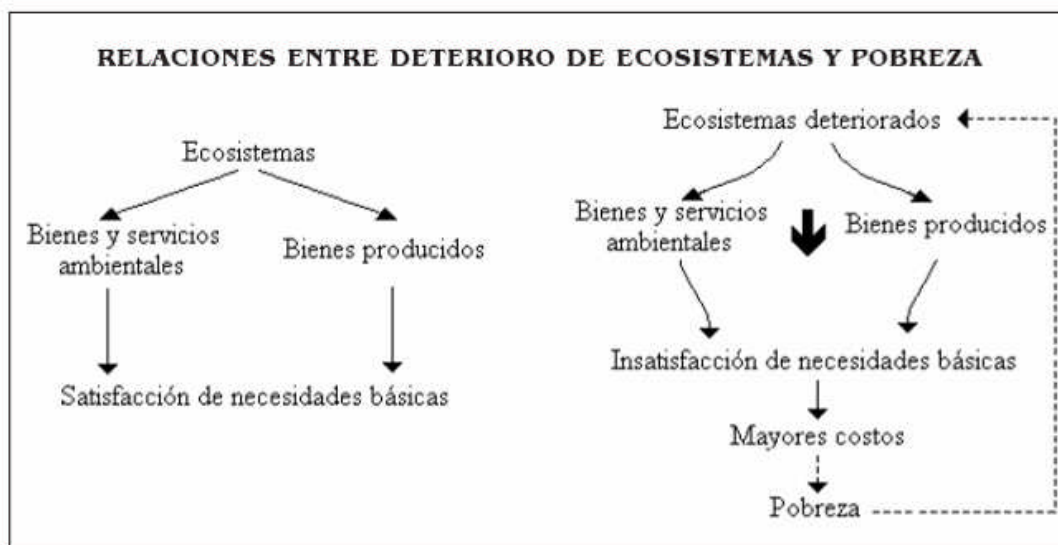


FIGURA 17. Relaciones medio ambiente y pobreza.

Fuente: Márquez, 2004: 65.

La protección de los sistemas estratégicos obedece a la necesidad de mantenerlos sin alteraciones para así asegurar la oferta del servicio. Dentro de los ecosistemas estratégicos se encuentran bosques naturales, cuencas, cerros y retiros de quebradas, páramos y sabanas, entre otros.

Cabe recordar que el valle de Aburrá está ubicado en el centro-sur del Departamento de Antioquia, en medio de la Cordillera Central de los Andes en Colombia. Bañado de Sur a Norte, por una serie de afluentes que caen a lo largo de su recorrido. Tiene una longitud aproximada de 60 km. Es un valle estrecho, de unos 3 Km. de ancho promedio, aunque en su parte más ancha puede tener 8 o 9 Km. Está enmarcado por una topografía irregular y pendiente, que oscila entre 1.300 y 2.800 msnm. Los municipios que lo conforman de norte a sur son: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas.

El área metropolitana formada en el Valle de Aburrá constituye el epicentro de la región central antioqueña y su dependencia e integración de los territorios

de influencia inmediata (sureste, suroeste, norte y occidente antioqueño) significan los escenarios ambientales (Lugo, 1998).

De acuerdo con el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, a través de Convenio con Corantioquia, Agudelo (1998) señala para Medellín y su área Metropolitana (valle de Aburrá) una huella ecológica de 2,6 ha/hab., correspondiente a un espacio ecológico 66 veces superior al área ocupada directamente (área del Valle de Aburrá 1.152 km²).

En la tabla 15 se presenta algunos Ecosistemas Estratégicos para el valle de Aburrá, por los suministros básicos que aportan. Muchos de los cuales se ubican fuera de los límites jurisdiccionales y en el entorno rural. En este sentido cobra importancia la ordenación del territorio y la gestión de los bienes y servicios ambientales en ámbitos de carácter regional.

En la siguiente figura se localizan los principales bienes y servicios ambientales que demanda el área metropolitana del valle de Aburrá

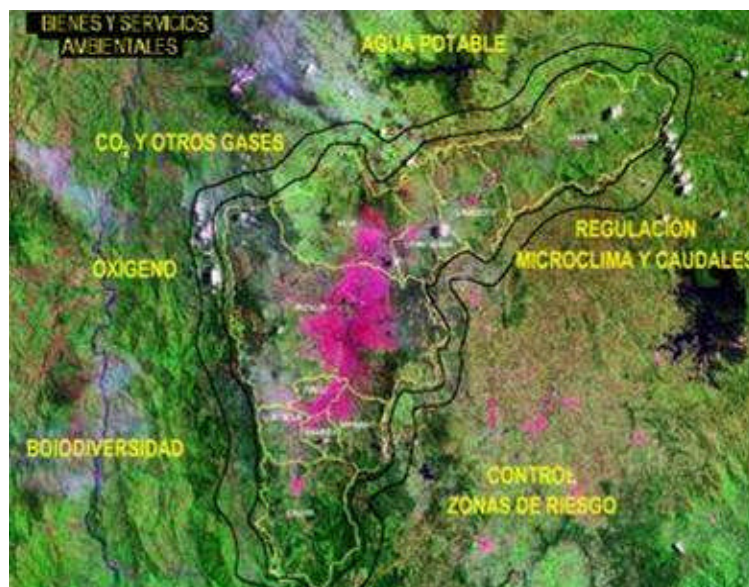


FIGURA 18. Esquema de representación de los servicios ambientales del valle Aburrá.

Fuente: Agudelo, 2004.

TABLA 15. Ecosistemas estratégicos para el valle del Aburrá.

ECOSISTEMA	LOCALIZACIÓN MUNICIPIO	CARACTERÍSTICA ESTRATÉGICA
Cascada y charcos de la quebrada La Miel	Caldas	Sitio de recreación
Baños de la salada	Caldas	Sitio de recreación popular
Alto se San Miguel	Caldas	Abastecimiento de sectores productivos, mantenimiento de equilibrios y procesos ecológicos básicos
La Laguna	La Estrella	Riesgo inminente de deterioro
Vereda San José	La Estrella	Ecosistemas en riesgo inminente de deterioro
Vereda y quebrada La Doctora	Sabaneta	Abastecimiento de sectores productivos, mantenimiento de equilibrios y procesos ecológicos básicos
Salto de la Campana y la Llorona	Envigado	Abastecimiento de población y asentamientos humanos. Riesgo inminente de deterioro
Quebrada la Ayurá	Envigado	Prevención y control de riesgos ambientales. Riesgo inminente de deterioro
Quebrada la Honda	Envigado	Riesgo inminente de deterioro. Posibilidades recreativas
Alto de Manzanillo	Itagüí	Riesgo inminente de deterioro
Alto del Cacique	Itagüí	Ecosistemas en riesgo inminente de deterioro

ECOSISTEMA	LOCALIZACIÓN MUNICIPIO	CARACTERÍSTICA ESTRATÉGICA
Cerro el Volador	Medellín	Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Cuenca de la quebrada Piedras Blancas	Medellín, Guarne	Prevención y control de riesgos ambientales.
Cerro del Padre Amaya- Alto de las Baldías	Medellín	Ecosistema deteriorado
Cerro Quitasol	Bello	Abastecimiento de población y asentamientos humanos. Riesgo inminente de deterioro
Represa la García	Bello	Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Cuenca alta de la quebrada La Tolda Copacabana	Copacabana	Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Quebrada Tierradentro	Bello	Prevención y control de riesgos ambientales
Quebrada y salto El Salado	Girardota	Riesgo inminente de deterioro
Charcos Dos Quebradas	Barbosa	Recreación
Quebradas Santa Rosa, Los Búcaros y la Chocota	Barbosa	Recreación
Agroecosistemas del Oriente Antioqueño	Guarne, Marinilla, Rionegro, El Zancudo, La unión, La Ceja, El Carmen, corregimiento de Santa Elena (Medellín)	Responde en conjunto al 17,4% de la producción agrícola del departamento, su cercanía al valle de Aburrá los convierten en abastecedores directos. La característica se define como abastecimiento de población y asentamientos humanos

ECOSISTEMA	LOCALIZACIÓN MUNICIPIO	CARACTERÍSTICA ESTRATÉGICA
Agroecosistemas del Noroccidente de Antioquia	Entrerríos, Belmira, San Pedro, Santa Rosa, Don Matías, Corregimiento de San Félix (Bello), y Palmitas (Medellín)	Se caracteriza por la producción pecuaria y algunos cultivos entre los que se destacan papa, frijol y hortalizas. Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Cuenca de la quebrada Sinifaná	Bolombolo y Amagá	Cuenca carbonífera, constituye una posibilidad de generación termoeléctrica. Abastece la industria ladrillera, textil y de alimentos. Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Cuenca de los Ríos Grande y Chico	Santa Rosa de Osos, Belmira, Entrerríos	Se localiza el nacimiento de los ríos que alimentan el embalse de Río Grande II, el más importante por el volumen de agua que almacena. Riesgo inminente de deterioro
Embalses de Guatapé, Río Grande y la García	Guatapé, Entrerríos y Bello	Los dos primeros parte del sistema interconectado nacional, con flujos casi permanentes hacia el valle del Aburrá, La García abastece parcialmente la demanda de la industria Fabricato. Abastecimiento de población y asentamientos humanos
Cuenca de la quebrada Piedras Blancas	Medellín, Guarne	Subsisten allí bosques naturales y plantados, diversidad de aves y algunos mamíferos silvestres. Con grandes posibilidades y alguna infraestructura recreativa. Conservación de recursos naturales y biodiversidad

Fuente: Agudelo, 1998.

4.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

La ciudad de Medellín está ubicada al noroeste de Colombia en las estribaciones de la Cordillera Central, sobre una zona plana a 1.538 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 24°C; es el eje ordenador del territorio que conforma el área metropolitana del Valle de Aburrá.

El primer acueducto para la Villa de la Candelaria (anterior nombre de la ciudad de Medellín) se construye en 1677, cuando el Cabildo ordenó que se recogieran las aguas de la Aná y se distribuyeran a las casas. (Terra Networks Colombia S.A., 2007). Para el año 1946 la ciudad de Medellín contaba con una población aproximada de 225.000 habitantes. Con la creación de las Empresas Públicas Municipales en 1920, el municipio compró las captaciones de agua y las acequias para administrar y prestar el servicio. El sistema compuesto por los sistemas de captación y conducción ubicadas al oriente de la ciudad en las cuencas de la quebradas Piedras Blancas y Santa Elena con caudales mínimos en verano de 45 m³/seg y 0,23 m³/seg respectivamente, comenzaban a ser insuficientes para atender las demandas de una ciudad en crecimiento y desarrollo. Sin embargo los corregimientos y veredas de San Cristóbal, Palmitas y Pajarito se abastecían de fuentes locales cercanas (Vásquez, 1990).

Conforme lo señala Queneau (1946), la demanda de agua estimada de 70.000 m³/día (350 l/habitante/día) solo se satisfacía en época de lluvia, por lo que se hizo necesario buscar otras fuentes.

La modernización del servicio de acueducto fue una tarea emprendida por el Concejo de Medellín y las Empresas Públicas Municipales. A partir de 1947 se ejecutaron obras de captación, conducción y distribución en las cuencas de las quebradas: La García, Santa Elena, La Iguaná, Raizal y Ana Díaz, adicionalmente se perforaron pozos para aumentar el suministro y mejorar los acueductos existentes Moscú del Barrio Berlín y de San Antonio de Prado (Vásquez, 1990).

4.3.1 Evolución histórica del acueducto metropolitano

El primer proyecto de expansión del sistema de acueducto de Medellín se diseñó en 1949. Incluía dos etapas: la primera era el represamiento de la quebrada Piedras Blancas en el sitio donde esta se precipita al Valle de Aburrá y la segunda etapa correspondía a la construcción de la represa Chorro Clarín unos pocos kilómetros aguas arriba de la anterior sobre la misma corriente. El diseño incluía además un sistema de operación conjunta de los embalses que abastecían a la central hidroeléctrica La Tablaza. Se trataba entonces, de un proyecto de aprovechamiento múltiple de los recursos hidráulicos de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas. (Chiquito, 1954). En el anexo 1 se presenta una síntesis histórica que detalla la evolución del acueducto de Medellín y su aplicación para el abastecimiento metropolitano del Valle de Aburrá.

En 1949 se inicia la construcción de la presa de Piedras Blancas y en el año 1952 se comienza su llenado. Es de anotar que pese a que se recomendó la construcción de la segunda etapa esta última, nunca se llevó a cabo. Entretanto se aparece una nueva alternativa que consiste en captar y bombear a la quebrada Piedras Blancas aguas de la quebrada la Honda, y en una segunda fase, aguas de la quebrada la Mosca, ubicadas en el oriente antioqueño cerca al municipio de

Guarne. Estos proyectos de expansión presentaban dificultades dada la carencia de datos hidrológicos confiables, por lo que se impulsa la creación del Servicio Hidrológico (Vásquez, 1990).

El Concejo de Medellín mediante el Acuerdo No. 58 del 6 de agosto de 1955 crea el establecimiento público encargado de la dirección administración y prestación de los servicios municipales de energía eléctrica, teléfono, acueducto y alcantarillado denominado Empresas Públicas de Medellín (EE.PP.M.) (Vásquez, 1990).

En 1956 se inauguran las obras de captación y bombeo de las aguas de la quebrada la Honda conforme el diseño y a mediados de 1963 se terminan las obras para la utilización de la quebrada la Mosca (Empresas Públicas de Medellín, 1979).

En la primera mitad de la década de los cincuenta, tuvieron lugar los primeros estudios de aprovechamiento del Río Negro, como medida preventiva y para evitar futuros déficit e incluso e incluso lograr ventaja en el abasto. El desarrollo apuntaba a la captación del Río Negro en el sitio La Fe y su conducción subterránea hacia la quebrada La Ayurá en el municipio de Envigado (Vásquez, 1990).

Para 1961 se tenían los diseños completos de la primera etapa que comprendía el embalse de 500.000 m³, presa Los Salados, torre de captación y túnel de desviación de 8.578 m hasta la parte alta de Envigado para alimentar la planta de tratamiento La Ayurá. Esta primera etapa entró en operación en 1967 con un aporte promedio de 1.340 l/s, pero pese a las proyecciones su capacidad quedó colmada prácticamente en el momento de la operación, lo que urgió la construcción de la segunda etapa. En 1974 se concluyen las obras con un aporte de 4 m³/seg solo del sistema La Fe-Pantanillo, además de los 2,3 m³/seg provenientes de otras fuentes del Valle de Aburrá (EPM, 1980).

A partir del estudio “Ampliación del Sistema de Acueducto” realizado en 1971 por la firma Consultores técnicos Ltda., que analizaba varias fuentes (río Negro o Nare, río Medellín, ríos Piedras-Buey, río Grande y río Caduca) para atender las demandas de Medellín y su área metropolitana, las Empresas Públicas de Medellín iniciaron el proyecto de desviación del río Piedras, que incluía la captación, planta de bombeo, tubería e impulsión canal abierto de conducción y obras de descarga al río Pantanillo. Dicho proyecto se integraba al existente La Fe-Pantanillo, aportando 2 m³/seg a la planta de bombeo del Pantanillo al embalse La Fe, aumentando así la capacidad de suministro al acueducto de Medellín de 6,3 a 8,5 m³/seg. Estimando que atendería las demandas hasta 1983 este proyecto se inauguró en 1979.

La segunda etapa del proyecto río Piedras–Buey se diseña para adicionar al sistema 2 m³/s, mejorando la capacidad de la planta de bombeo a través de la conducción de las aguas del río Buey al río Piedras y de este al río Pantanillo y al embalse La Fe. Esta ampliación atendería las demandas hasta 1987, permitiendo un caudal regulado total aproximado de 10 m³/seg, suministrando con ello agua a Medellín y a cuatro municipios más. La terminación de este proyecto fue prevista para 1985 (Vásquez, 1990).

En 1947 fue la primera vez que se habló de utilizar los recursos hidráulicos de la cuenca del río Grande para atender las necesidades de agua potable para Medellín, tal como consta en el Acta No. 92 de mayo 21 de ese año, en la que “El señor Gerente de la Segunda Sección insinúa al de la primera, proceda a verificar el estudio correspondiente sobre si el aprovechamiento para el acueducto del río Chico, afectaría el caudal de aguas del río Grande, necesario para la generación de energía en las centrales del mismo nombre. Lo anterior para ver se justifica el estudio del río Chico como posible fuente de abastecimiento de aguas para el acueducto de la Ciudad” (Chiquito, 1954).

En 1971 la firma de ingeniería Consultores Técnicos Ltda., en el estudio técnico y financiero realizado por encargo de las EPM consideran en el aprovechamiento del río Grande la componente de acueducto, del “Proyecto de Aprovechamiento múltiple del río Grande” hoy hecho realidad (Vásquez, 1990).

4.3.2 Sistema de acueducto metropolitano

El agua potable llega a 3,4 millones de habitantes del Área Metropolitana de Medellín, que significan 821.000 instalaciones. El sistema de acueducto está compuesto por la siguiente infraestructura:

- Plantas Potabilización: 10
- Capacidad Instalada: 17,31 m³/seg
- Consumo medio: 9,5m³/seg
- Tanques de Almacenamiento: 95, con una capacidad de 420.000 m³
- Red Primaria Acueducto: 253 Km
- Red Secundaria Acueducto: 3.132 Km (Piedrahita, 2006)

La distribución domiciliar de agua potable tiene un cubrimiento del 100 % en el área de influencia de las Empresas Públicas de Medellín, con un consumo anual de 185,7 millones de m³, de los cuales el 70 % se provee mediante bombeo. La cobertura alcanzada a nivel domiciliar se debe en gran parte al esfuerzo realizado en las últimas décadas principalmente a través del programa de “Habilitación Viviendas”, mediante el cual se logra la vinculación de un gran número de las

viviendas de estratos socioeconómicos bajos, que de no contar con el programa optarían por el consumo fraudulento (Piedrahita, 2006). A continuación se indica la capacidad de las plantas depuradoras que abastecen de agua potable al área metropolitana:

- **Manantiales:** al nororiente de Medellín, en operación desde 1992. Tiene una capacidad de 520 mil metros cúbicos por día. Recibe las aguas del embalse Río Grande II.
- **San Antonio de Prado:** en el corregimiento del mismo nombre, opera desde 1987 con una capacidad de 8.600 metros cúbicos por día. Recibe directamente las aguas de las quebradas La Manguala, Las Despensas, La Larga, Afluentes y La Chata.
- **La Ayurá:** en Envigado, opera desde 1968, tiene una capacidad de 780 mil metros cúbicos por día y se abastece del embalse La Fe.
- **San Cristóbal:** en el corregimiento del mismo nombre, opera desde 1964, tiene una capacidad de 20 mil metros cúbicos por día y se abastece directamente de las quebradas la Iguañá, la Puerta y Tenche.
- **Villa Hermosa:** al oriente de Medellín, opera desde 1943, fue la primera planta de tratamiento de la ciudad, tiene una capacidad de 150 mil metros cúbicos por día, se abastece del embalse de Piedras Blancas.
- **Aguas Frías:** tiene una capacidad de 25 litros por segundo. Atiende 3 mil 600 habitantes de la vereda del mismo nombre y de los barrios San Pablo y Las Violetas, parte alta. Opera desde octubre de 1994.

- **La Montaña:** con una capacidad de 380 litros por segundo, surte siete barrios de la comuna nororiental de la ciudad, fue inaugurada en 1994.
- **La Cascada:** abastecida por la quebrada Santa Elena, cubre en una primera fase a 1.967 viviendas con el servicio de acueducto.
- **Caldas:** ingresó al sistema EE.PP.M. en 1997. Con una capacidad de 200 litros por segundo, abastece 9.300 usuarios de la zona urbana de ese municipio.
- **Barbosa:** también forma parte del sistema EE.PP.M. desde 1997, tiene una capacidad de 60 litros por segundo y tiene 3.800 usuarios.

En cada una de las plantas, el agua pasa por controles físico-químicos de potabilización, donde se purifica eliminando microorganismos, impurezas inorgánicas y orgánicas. De esta forma, se produce un agua clara, saludable y totalmente pura para el consumo de la población.

El agua del Grupo Empresarial EPM se distribuye entre las plantas de tratamiento y los usuarios, gracias a una compleja infraestructura que comprende:

- **Conducciones e impulsiones:** Las conducciones son las tuberías que transportan el agua entre las plantas de tratamiento y los tanques de almacenamiento. Las impulsiones son tuberías que por bombeo transportan el agua entre tanque y tanque, ubicados por encima de la cota de servicio de las plantas de tratamiento.
- **Estaciones de bombeo:** Disponen de todo el equipo necesario para la impulsión del agua.

- **Tanques de almacenamiento:** Por la abrupta topografía del Valle de Aburrá, el Grupo Empresarial EPM ha construido un gran número de tanques, cuya localización y capacidad está determinada por las necesidades de los distintos sectores, la confiabilidad del sistema y el crecimiento de la demanda.
- **Redes de distribución:** Son las tuberías que salen de los tanques de almacenamiento a las domiciliarias.
- **Centro de control:** Para planear, coordinar, operar y optimizar el tratamiento y la distribución del agua, el Grupo Empresarial EPM instaló el Centro de Control Acueducto, el primero en su género en Colombia. Allí se recogen toda la información sobre niveles de embalses y tanques de distribución, caudales y presiones del sistema. Por operar en tiempo real, desde este Centro de Control se pueden dar órdenes para arrancar o parar los bombeos, o para abrir o cerrar las válvulas de admisión de los tanques.

Potabilización y distribución del agua

El agua que se consume en el área metropolitana del Valle de Aburrá proviene de varias fuentes, principalmente del embalse La Fe que tiene una capacidad de 12,1 millones de metros cúbicos. De los cuales y en la planta de potabilización Ayurá se tratan el 50,68 % de la producción de agua de potable. Mientras que del embalse de Riógrande II que tiene una capacidad de 150,9 millones de metros cúbicos, se potabiliza entre el 36,87 y el 45 % en la planta de tratamiento Manantiales. Estos dos embalses son los de mayor aporte de agua al AMVA, como se puede apreciar en la tabla 16. En este estudio se ha seleccionado el embalse del Riogrande II, dada su capacidad útil y el aumento de la demanda conforme al crecimiento poblacional.

TABLA 16. Producción de agua potable en el Valle de Aburrá.

PLANTA DE TRATAMIENTO	PORCENTAJE	CAPACIDAD UTIL (mill. m ³)
Ayurá	50,68	Embalse La Fe (12,1)
Manantiales	36,87	Embalse Río Grande II (150,9)
Villa Hermosa La Montaña	2,90	Embalse Piedras Blancas (1,2)
Caldas	1,40	DIRECTA
San Cristóbal	1,32	DIRECTA
La Cascada	1,14	DIRECTA
Barbosa	0,62	DIRECTA
San Antonio	0,61	DIRECTA
Aguas Frías	0,21	DIRECTA
Total	95,75	
TOTAL PRODUCCION AGUA POTABLE		285.538,012 m³

Fuente: Empresas Públicas de Medellín, 2007.

En la siguiente figura se muestra la distribución del agua a partir de las plantas de tratamiento.

Del embalse Río Grande II, el agua es conducida a la planta de tratamiento Manantiales y de allí se distribuye por gravedad a diferentes sitios del área metropolitana (Ver figura 20).

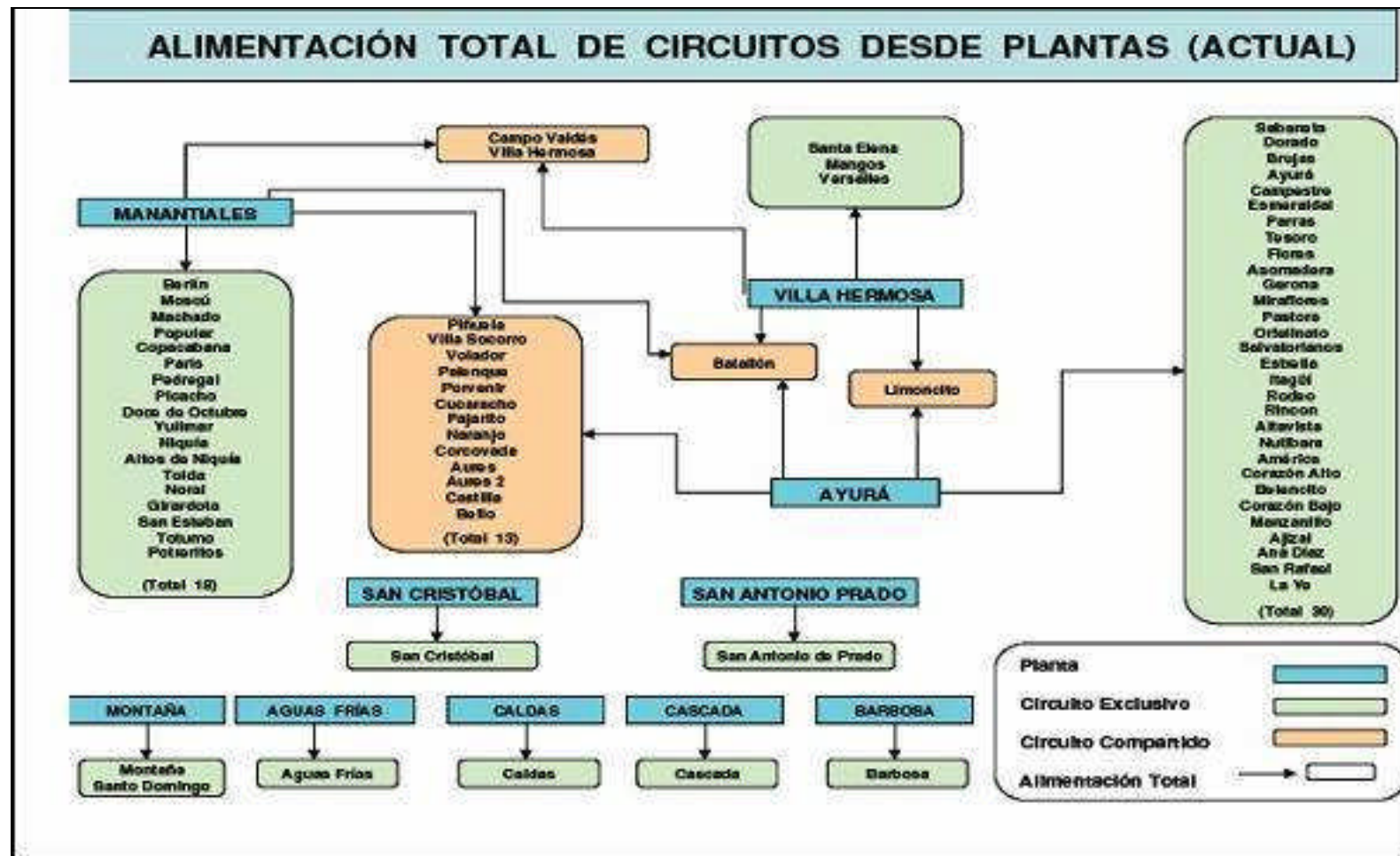


FIGURA 19. Sistema de distribución del agua en el Área metropolitana del Valle de Aburrá desde plantas de tratamiento.

Fuente: Empresas Públicas de Medellín, 2008.

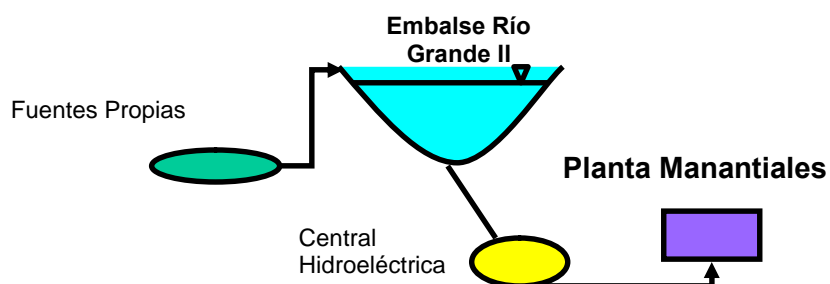


FIGURA 20. Esquema del sistema de captación Río Grande II

Fuente: Empresas Públicas de Medellín, 2008.

En la siguiente tabla se presentan los circuitos que son alimentados de la planta de tratamiento Manantiales y los usuarios por cada circuito.

TABLA 17. Circuitos alimentados de la planta de tratamiento Manantiales.

TANQUE	EXCLUSIVIDAD	USUARIOS
MACHADO	Exclusivo	5,278
POPULAR	Exclusivo	19,46
COPACABANA	Exclusivo	11,48
YULIMAR	Exclusivo	4,954
LA TOLDA	Exclusivo	1,578
EL NORAL	Exclusivo	564
GIRARDOTA	Exclusivo	5,272
SAN ESTEBAN	Exclusivo	191
EL TOTUMO	Exclusivo	1,413
PARIS	No Exclusivo	4,083
PEDREGAL	No Exclusivo	32,915
PICACHO	No Exclusivo	26,338
DOCE DE OCTUBRE	No Exclusivo	7,5
BELLO	No Exclusivo	32,938
NIQUIA	No Exclusivo	7,08
LOS ALTOS	No Exclusivo	12,979
AURES	No Exclusivo	8,858
AURES 2	No Exclusivo	204
BATALLON	No Exclusivo	8,517
PIÑUELA	No Exclusivo	19,661

TANQUE	EXCLUSIVIDAD	USUARIOS
BERLÍN	No Exclusivo	7,798
CAMPO VALDÉS	No Exclusivo	9,966
MOSCÚ	No Exclusivo	17,765
VILLA SOCORRO	No Exclusivo	12,19
VOLADOR	No Exclusivo	24,442
PALENQUE	No Exclusivo	17,424
EL PORVENIR	No Exclusivo	13,374
CUCARACHO	No Exclusivo	7,747
CASTILLA	No Exclusivo	25,075
NUTIBARA	No Exclusivo	42,481
TOTAL		1347,566

Fuente: Empresas Públicas de Medellín, 2008.

4.3.3 Servicio de alcantarillado

Medellín y su área metropolitana no contaban con un plan maestro para el manejo de sus aguas residuales solo hasta 1967 se inició la construcción de un sistema de recolección y transporte de aguas residuales con el fin de sanear las quebradas urbanas y el río Medellín. Dicho sistema se ha venido construyendo gradualmente a lo largo de 39 años y ya ha permitido mostrar mejoras en la calidad del recurso hídrico.

En los primeros estudios sobre el manejo de las aguas residuales se recomendó la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para Medellín y algunos municipios vecinos, pero sólo hasta 1983 se realizó un estudio de prefactibilidad y factibilidad para todo el Valle de Aburrá. Estos estudios definieron un objetivo de calidad en el largo plazo, lograr para el año 2010 un nivel de oxígeno disuelto mínimo de 5 mg/l y una remoción de DBO de 160 ton/día, el

cual se puede lograr a través de la infraestructura de recolección y tratamiento de aguas residuales que durante las dos últimas décadas se viene construyendo en la ciudad (Piedrahita, 2006).

La recolección domiciliar de aguas residuales alcanza niveles del 100 % en el área de influencia de las Empresas Publicas de Medellín, lo cual se logra mediante 2.695 Km de redes secundarias, de los cuales 1.484 Km son de redes combinadas, según el inventario al cierre del año 2005. Al igual que en acueducto, la cobertura se ha visto favorecida por el programa de Habilitación Viviendas, que ha permitido que viviendas de estratos socioeconómicos bajos se beneficien con la construcción de redes de evacuación de aguas servidas, sin las cuales las quebradas de la ciudad y el mismo río serían los depositarios de los vertimientos (Piedrahita, 2006).

El área metropolitana de Medellín está surcada por más de 60 quebradas que drenan hacia el río Medellín. Durante el desarrollo urbanístico de la ciudad barrios enteros vertían en ellas, agotando su capacidad de autodepuración y llevándolas a un estado lamentable, arrastrando en esta misma suerte al río. Ante esta situación, el sistema de transporte de aguas residuales se conformó por redes tendidas a ambos lados de las quebradas llamadas colectores, las cuales se encargaron de recoger los vertimientos puntuales y transportarlos hasta las redes extendidas a ambos costados del río llamadas interceptores, que tienen por objeto llevar el total de la recolección de aguas servidas a las plantas de tratamiento de aguas residuales. Actualmente el área metropolitana cuenta con 295 Km de colectores, un 75 % del total requerido y 34 Km de interceptores, un 66 % de la longitud total necesaria. El programa de saneamiento tiene previsto terminar con las construcciones de esas redes en el año 2009 (Piedrahita, 2006).

4.3.4 Embalses que abastecen de agua al área metropolitana

A continuación se presentan las características de los embalses y sus principales afluentes que abastecen de agua al área metropolitana del Valle de Aburrá.

4.3.4.1 Embalse Piedras Blancas

El embalse de Piedras Blancas se encuentra a 14 Kilómetros al oriente de Medellín, a 6 kilómetros del municipio de Guarne (Ver figura 21). Entró en operación en 1952. Su capacidad útil de almacenamiento es de un millón doscientos mil metros cúbicos. Recibe por bombeo las aguas de las quebradas La Mosca y La Honda, y por gravedad la de Piedras Blancas y Chorrillos. Abastece aproximadamente a 155.000 personas, que corresponde a un 5,38 % de la población del Valle de Aburrá. Fue construido con la finalidad primordial de servir al acueducto. Las principales características se listan en la tabla 18



FIGURA 21. Embalse Piedras Blancas.
Fuente: Google, 2008.

TABLA 18. Características generales del Embalse Piedras Blancas.

Características	
Ubicación	Departamento de Antioquia
Altitud (m.s.n.m)	2.350
Año de Llenado	1952
Área de Superficie (ha)	19.0
Área de cuenca (km ²)	28.8
Profundidad (m)	4.0 Verano – 12.0 Invierno
Volumen (Mm ³)	1.19
Longitud máxima (Km.)	1.2
Anchura máxima (Km.)	0.3
Principal afluente	Quebrada Piedras Blancas, Quebrada la Honda, Quebrada La Mosca
Principal efluente	Quebrada Piedras Blancas
Caudal (m ³ /s)	1.5

Datos Físico –Químicos	
Temperatura (°c)	18
pH	7.00 mín – 7.60 máx
Conductividad (µmhos/cm ²)	65.00 min – 80.00 máx

Fuente: Rojas, 2007.

4.3.4.1.1 Generalidades cuenca de la quebrada Piedras Blancas

La quebrada Piedras Blancas se localiza al oriente de Medellín, aproximadamente a 14 Km sobre la antigua vía a Guarne. Comprende también parte de los municipios de Guarne y Copacabana. Posee una extensión de 41,87 Km²; de los cuales 5,49 Km² pertenecen al Municipio de Guarne y 14,43 Km² al Municipio de Copacabana, el resto de la cuenca pertenece al área rural del Corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín.

La quebrada Piedras Blancas comprende en su cabecera tres ramales de importancia a saber: Quebrada El Rosario o Perico, Quebrada El Salado y Quebrada Ávila. A partir de la confluencia de los dos primeros ramales en la cota 2.393, la quebrada toma el nombre de Piedras Blancas, corre por el altiplano oriental en forma sinuosa hasta la cota 2.350 donde se ubica la represa para el abastecimiento del acueducto de Medellín (Ver figura 22).

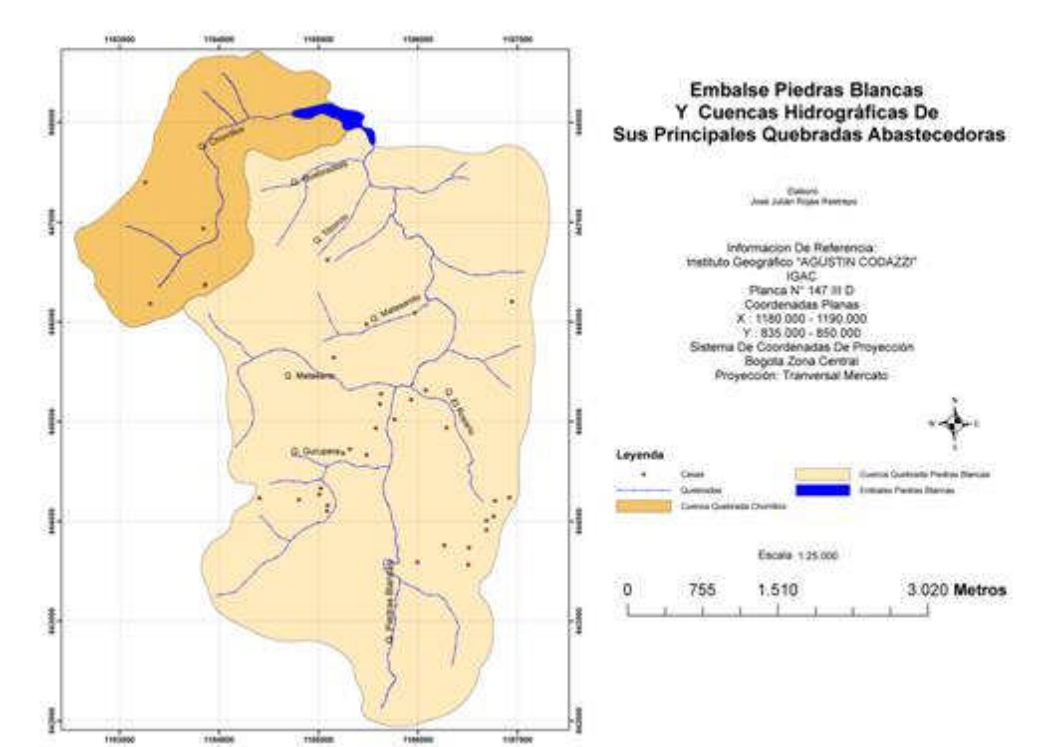


FIGURA 22. Cuenca abastecedora embalse Piedras Blancas.

Fuente: Rojas, 2007.

La cuenca que abastece el embalse de Piedras Blancas presenta diferentes usos del suelo, las plantaciones ocupan un área de 1.062,66 has, correspondientes al 35,6 %, entre los que sobresalen las plantaciones de *cupresus* que ocupan el 19,26 % y las de pátula con un 11,33 %. En vegetación natural se encuentran 1.345 has, el 4,14 %, en la que el bosque natural ocupa solo el 3,42 %, el rastrojo alto el 18,53 %, el rastrojo bajo 691,54 has. En pastos se encuentran 389,48 has ocupando el 13,6 %. Otros usos corresponden a otros cultivos que ocupan sólo el 3,45 % del total, a vivero 0,15, erosión 0,34 % y arboretum⁶ 0,38 %.

⁶ Arboretum: Plantación de árboles destinada a fines científicos, como el estudio de su desarrollo, de su acomodación al clima y al suelo, etc.

4.3.4.2 Embalse La Fe

El embalse de La Fe (Ver figura 23) ubicado a 27 kilómetros al oriente de Medellín, a 5 kilómetros del municipio de El Retiro. Se incorporó al sistema en 1974. Tiene una capacidad útil de 12 millones de metros cúbicos. En la tabla 19 se presentan las características de este embalse.



FIGURA 23. Embalse La Fe.
Fuente: Google, 2008.

TABLA 19. Características generales del Embalse La Fe.

Características	
Ubicación	Departamento de Antioquia
Altitud (m.s.n.m)	2.155
Año de Llenado	1973
Área de Superficie (ha)	149.0
Área de cuenca (km ²)	77.0

Características	
Profundidad (m)	14.50 Verano; 27.00 Invierno
Volumen (Mm ³)	14.6
Longitud máxima (Km.)	2.0
Anchura máxima (Km.)	1.5
Perímetro (Km.)	12.0
Principal Afluente	Quebrada Las Palmas, Río Buey y Pantanillo
Principal río Efluente	Río Negro
Caudal (m ³ /s)	3.4
Datos Físicos – Químicos	
Temperatura (°c)	20.5
pH	6.5 mínimo – 7.6 máximo
Conductividad (µmhos/cm ²)	20.00 mín.-30.00 máx.

Fuente: Rojas, 2007.

Este embalse recibe por gravedad las aguas de las quebradas Las Palmas, Potreros, La Miel y Espíritu Santo, y por bombeo la de los ríos Buey, Piedras y Pantanillo. Abastece aproximadamente 1.400.000 personas, cerca del 49,98 % de la población del área metropolitana. Se construyó para abastecimiento de agua potable y generación de energía. La cuenca se presenta en la siguiente figura.

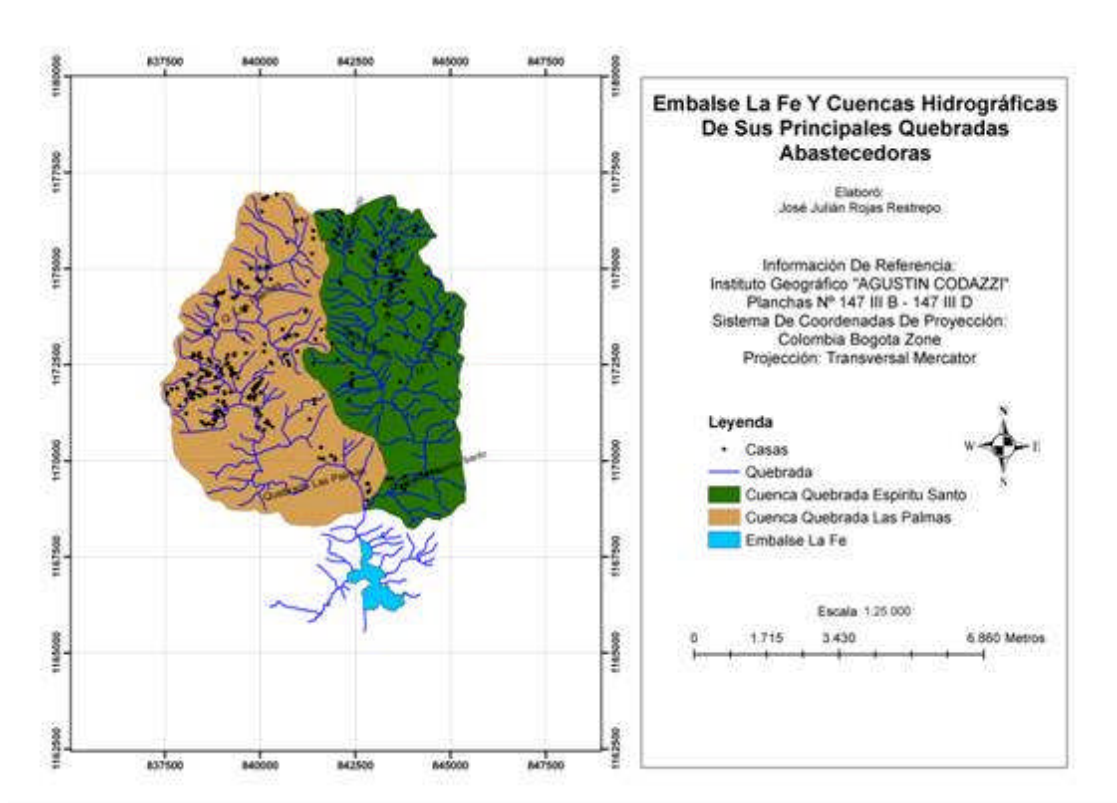


FIGURA 24. Cuencas abastecedoras del embalse la Fe.

Fuente: Rojas, 2007.

4.3.4.3 Embalse Río Grande II

El Embalse Río Grande II (Ver figura 25) se ubica al noroccidente de Medellín, cercano al municipio de Don Matías. Entró en operación en 1991. Su fin es múltiple: generación de energía eléctrica, acueducto y saneamiento. Estructura que crea un embalse que en su nivel máximo inunda un área de 1.200 has, con una capacidad total de 245 millones de metros cúbicos de los cuales 110 son de volumen útil. Recibe por gravedad las aguas de los ríos Grande y Chico. Estas cuencas hidrográficas revistan de gran importancia por incluir los ecosistemas estratégicos Páramo de Belmira y Sistema de humedales del altiplano norte, así mismo en esta zona se desarrolla actividad agropecuaria y agroindustrial de gran valor para el departamento de Antioquia, convirtiéndose en un potencial ecoturístico.

Las características generales del embalse se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 20. Características generales del Embalse Río Grande II.

Características	
Ubicación	Parte central del departamento de Antioquia
Altitud (m.s.n.m)	2.270
Año de Llenado	1989
Área de Superficie (ha)	1.100
Área de cuenca (km ²)	1,054
Profundidad (m)	43.0 Invierno
Volumen (Mm ³)	220
Longitud máxima (Km.)	10.7
Anchura máxima (Km.)	0.9
Perímetro (Km.)	84.7
Principal río afluente	Río Grande
Principal río efluente	Río Grande
Caudal (m ³ /s)	34.5

Fuente: Rojas, 2007.

Este embalse abastece entre el 38 % y el 45 % de la población del Valle de Aburrá. La calidad se viene deteriorando principalmente por el uso de pesticidas, por vertimientos de aguas residuales tanto domiciliarias como agroindustriales y por las actividades mineras, lo que aumentan la demanda biológica de oxígeno, la turbidez y las concentraciones de hierro, que en el momento de la potabilización requieren mayor tratamiento y por ende más inversión.

En el uso del suelo destaca la ganadería extensiva, actividad que ocupa el 64 % del área de la cuenca. En la zona del embalse las áreas de pastoreo son del orden del 82 %, el resto son rastrojos y en menor porcentaje cultivos y bosques naturales.

En general la población es rural y la situación del embalse ejerce atracción para el desarrollo de actividades del sector turístico y recreacional. No obstante los beneficios sociales tienen una limitante para este desarrollo, debido a la necesidad de preservar la calidad del agua.

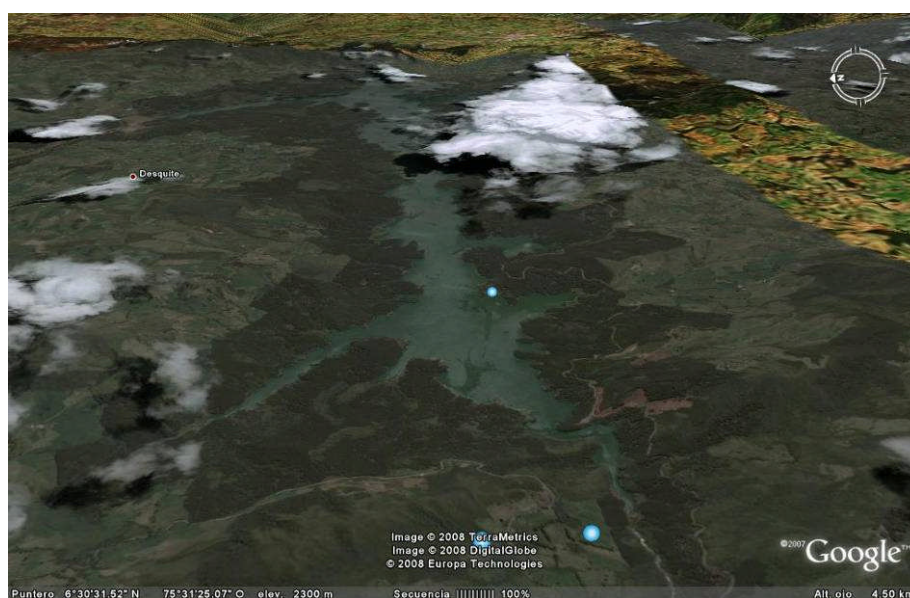


FIGURA 25. Embalse Río Grande II
Fuente: Google, 2008.

Las cuencas que abastecen los embalses de donde se obtiene el suministro de agua para la población metropolitana del Valle de Aburrá presenta características similares; las cuencas se ubican las zonas rurales por fuera del área metropolitana (Ver figura 26), tienen presiones por el uso del suelo que se dedica a actividades agrícolas o ganaderas, de donde se sustenta también de alimentos el área metropolitana, así mismo el establecimiento de empresas productivas en dichas áreas aumenta tanto la presión por el suelo como por el

recurso agua, que finalmente debe garantizarse y que a su vez recibe los vertimientos de todas las actividades productivas a su paso por la región.

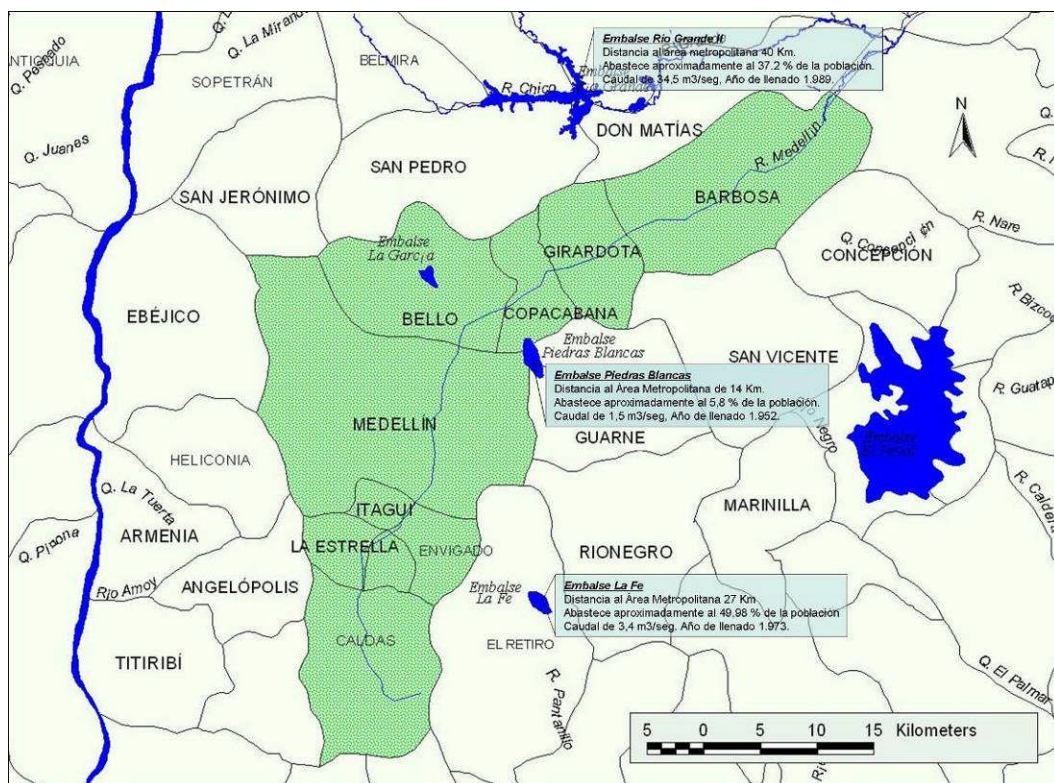


FIGURA 26. Área metropolitana del valle de Aburrá y sus embalses abastecedores.

Fuente: Elaboración propia, 2008.

El embalse impacta de manera significativa el medio natural, dentro de los cuales se destacan: disminución de la oferta hídrica, contaminación del agua, deterioro de la flora y fauna acuática, incremento en el riesgo por eventuales deslizamientos y reptaciones de tierra, disminución de la cobertura vegetal, deterioro de la composición y estructura florística, pérdida de fauna terrestre, pérdida o deterioro de ecosistemas estratégicos, activación o aceleración de procesos erosivos, cambios en el uso del suelo, contaminación del recurso hídrico y del suelo por descarga de los residuos, incremento de la carga de aguas residuales domiciliarias y aguas residuales industriales, aumento de la sedimentación en la fuente, alteración de la calidad del agua por

crecimiento de algas, incremento en los riesgos de pérdida de bienes materiales y de suspensión del servicio de acueducto.

4.4 ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ABASTECIMIENTO (CUENCA DEL RIO GRANDE)

A continuación se describen algunos rasgos fisiográficos, sociales y económicos de la cuenca del Río Grande que permitirán la comprensión del área de estudio en sus dimensiones físicas, ecológicas y ambientales como aspectos básicos en la gestión eficiente del agua.

4.4.1 Formas y organización del relieve

El relieve de la zona de estudio ubicada en el eje de la Cordillera Central, en el departamento de Antioquia, de acuerdo con Arias (2007), consiste en un sistema escalonado de altiplanos rodeado por un conjunto montañoso tropical de cañones ramificados. Ambas unidades de relieve están enmarcadas lateralmente por el sistema de falla de Romeral, al Occidente, y el sistema de falla Palestina al Oriente. Los altiplanos se encuentran separados por escarpes en los cuales se configura un relieve abrupto tropical; igualmente, algunos de ellos pierden su continuidad espacial como consecuencia del modelado de cañones lineales profundos (800-1200 metros).

El altiplano de Santa Rosa corresponde a una superficie de erosión antigua (“etcheplain”), modelado en un manto de alteritas muy espeso (80 - 90 m) producido por la meteorización de cuarzodioritas del Batolito Antioqueño, cuya extensión es de 10 Km². El relieve

primigenio fue modelado en condiciones cercanas a nivel del mar y las geoformas heredadas y bien conservadas (paleorelieves), permiten sustentar que se trataba de un relieve ondulado con divisorias y depresiones de lavado muy amplias cuyo relieve relativo rara vez superaba los 20-30 metros (Arias y González, 2001).

Siguiendo a Arias 2007, la evolución del relieve de los altiplanos antioqueños es un proceso complejo de cambios y persistencias: Se destruye el relieve ondulado de una superficie de erosión levantada para dar paso a un relieve colinado característico de superficies disectadas. Sin embargo, en este último queda un conjunto numeroso de rampas, testimonio de remanentes del relieve ondulado precedente. Estas rampas corresponden a segmentos aplanados de vertientes denudativas.

En la actualidad el relieve de tipo ondulado se presenta en el sector el Chaquito-Llanos de Cuivá, en la divisoria de agua de las cuencas de los ríos Grande, Henchí, y Guadalupe. Se desconocen las relaciones genéticas y cronológicas entre el relieve ondulado primigenio y los remanentes de relieve ondulado (Arias y González, 2001).

Los fondos planos de acumulación de la red de valles aluviales más antiguos sufren procesos de inversión de relieve, desaparecen como valles pero se preservan como cimas planas alargadas de colinas con remanentes de la acumulación aluvial. Este mecanismo de modelado de inversión de relieve se repite dos o más veces en el altiplano de Santa Rosa de Osos. Un mecanismo de modelado diferente se tiene en el caso de los cañones lineales y ramificados donde se configura un mecanismo de incisión fluvial y ampliación lateral continuado, persistente, cada vez más vigoroso.

En el área de estudio se puede identificar claramente una zona de altiplanos ubicada en los municipios de Belmira y Santa Rosa de

Osos. Se caracterizan por una topografía plana que los convierte en atractivos para el uso agropecuario. Los altiplanos se drenan artificialmente hasta ocupar aún los humedales o vegas de inundación, la capa lacustre sirve de base para reservorios de aguas subterráneas. Son sitios de atracción para el establecimiento de asentamientos humanos, de actividades agropecuarias y de extracción de canteras (ECOSISTEMAS, 2005).

En el contexto regional los altiplanos, escarpes regionales, cañones ramificados, cañones lineales y basín, constituyen las geoformas de mayor jerarquía del relieve de la cordillera Central en Antioquia. (Arias 1995, 1996). Estas unidades corresponden a las estructuras mórficas de referencia para la reconstrucción de la evolución del relieve del cinturón cordillerano.

El altiplano, señala Arias (2007), se define como una superficie de erosión levantada tectónicamente, presenta una serie de rasgos mórficos nuevos, diferentes de aquellos de la superficie de erosión precedente:

- La aparición de una dinámica de incisión fluvial favorece el desarrollo de una diversidad de relieves acolinados.
- Las colinas están compuestas por elementos morfológicos heredados y nuevos elementos. Los elementos heredados corresponden a cimas planas y rampas denudadas como remanentes preservados de un relieve ondulado precedente; los nuevos elementos corresponden a flancos convexos. Los elementos heredados se localizan en la parte superior de las colinas y las nuevas geoformas en la parte media e inferior.
- En la dinámica de incisión fluvial, algunos tramos cortos de las redes de drenaje alcanzan a ubicarse en la parte superior del

frente basal de meteorización, generando con ello niveles-base locales muy resistentes y persistentes.

- La presencia de estos niveles-base es el factor principal favorable para el modelado de “*valles en cadena*”. Un valle en cadena consiste en una sucesión de tramos cortos y estrechos con sección en “**V**” y tramos largos y amplios de valle con fondo plano de acumulación, donde las corrientes presentan un patrón meándrico.

El Altiplano de Santa Rosa de Osos (ASRO) se encuentra limitado lateralmente por dos escarpes regionales, un escarpe regional superior (ERS) al Occidente y un escarpe regional inferior (ERI) al Oriente. El término “escarpe regional” se asigna a aquellas franjas de terreno alargadas con un desnivel altitudinal importante que marcan la separación entre altiplanos. Los escarpes regionales de la Cordillera Central en Antioquia presentan un relieve montañoso típico, producto de una incisión fluvial vigorosa que modela un conjunto de valles en “V” estrechos y profundos con divisorias de agua estrechas. (Arias, 2007).

El ERS sirve de separación con el altiplano “Páramo de Belmira”. Presenta una dirección 20° N - 30° W muy uniforme, marcando así un límite rectilíneo pronunciado en la parte interna del altiplano de Santa Rosa de Osos. El desnivel máximo del escarpe es del orden de 400-450 metros y se ubica hacia la parte media de este corredor; a partir de este sitio el desnivel disminuye gradualmente, tanto en su sentido NW como SE. En su parte sureste, el escarpe se interrumpe en varios sitios dando origen a un sistema de cerros paralelos con la misma orientación espacial, pero altitudinalmente más bajos, separados por superficies acolinadas suaves que se encuentran a la misma altura del ASRO. A su interior, presenta una disección

moderada, con encajamiento significativo únicamente de la quebrada Quebradona, la cual consigue segmentar su continuidad modelando un cañón amplio en la parte inferior y media del escarpe.

En el borde interno del altiplano se encajan valles amplios y asimétricos, con su margen adyacente al escarpe constituida por rampas denudativas muy largas, localizados 20-30 metros por debajo del nivel del altiplano y paralelos con el ERS; igualmente se encuentran secuencias antiguas y recientes de abanicos aluviales y depósitos de posible origen fluvioglacial. En otros términos, el borde interno del altiplano se constituye en un ámbito favorable a mecanismos de modelado asociados con la acumulación de sedimentos.

El avance erosivo lateral del ASRO en su borde interno permite el desarrollo de aplanamientos enmarcado por cadenas de inselbergs en el sector de San Pedro de los Milagros y por un remanente aislado y muy alto del altiplano antiguo (cerro de Las Baldías). En este sector se presenta uno de los límites más tajantes y contrastados del relieve de la cordillera Central, entre el altiplano y el respaldo oriental del cañón del río Cauca.

La asociación de cadenas alargadas de cerros y relieves colinados bajos constituye un rasgo distintivo del relieve del ASRO en este sector. Las primeras ubican sus cimas en una posición altitudinal intermedia entre el altiplano “Páramo de Belmira” y el ASRO, mientras los segundos se encuentran altitudinalmente al mismo nivel del ASRO.

El relieve del ASRO en su configuración general se puede asimilar con un conjunto de estructuras mórficas encajadas unas en otras conformando así, una morfología de carácter escalonado para el

caso de estructuras con jerarquía espacial similar y encajamientos de estructuras espacialmente menores dentro de estructuras espacialmente mayores.

En la siguiente figura se aprecia la estructura escalonada de bloques acolinados al interior del altiplano. El bloque más alto se localiza hacia los 2.900-2.990 msnm en la parte Norte (color naranja mientras el bloque más bajo se localiza hacia el Sur hacia los 2400-2450 msnm (color rojo).

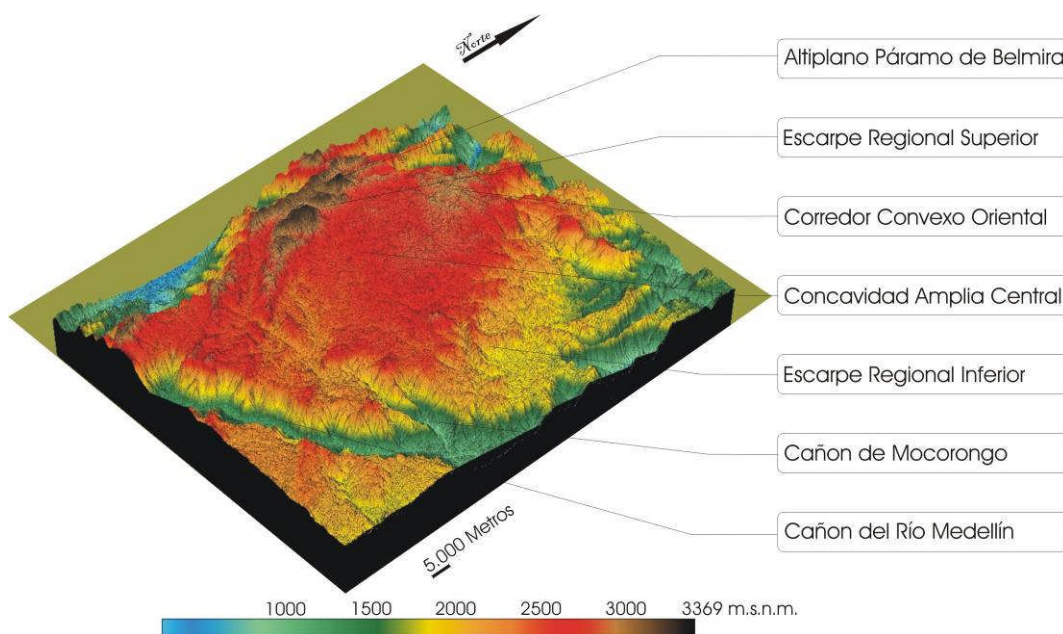


FIGURA 27. Sistema jerárquico de tipos de relieve en el área de estudio.
Fuente: Con base en Arias, 2007.

La organización de estructuras morfológicas en el ASRO en nueve (9) niveles es una organización de carácter espacial. Los niveles 1 a 3 corresponden a estructuras morfológicas de escala espacial mayores, incluso, el nivel 1 es una estructura de carácter regional si se toma como referencia el relieve de la cordillera Central en su

parte septentrional. Los niveles 4 a 6 corresponden a las geoformas de escala espacial intermedia y los niveles 7 y 8 a las de escala local (figura 28). En la tabla 21 se presentan estos niveles.

TABLA 21. Organización espacial de geoformas en el ASRO.

NIVEL JERÁRQUICO	TIPO DE ESTRUCTURA MÓRFICA
NIVEL 1	Altiplano de Santa Rosa de Osos
NIVEL 2	Corredor convexo oriental (CCO) Concavidad amplia central (CAC)
NIVEL 3	Sistema escalonado de bloques colinados: <ul style="list-style-type: none"> • Bloques colinados • Escarpes erosivos
NIVEL 4	Frentes erosivos de corrientes mayores
NIVEL 5	Cadenas de inselbergs
NIVEL 6	Escalonamiento de cuerpos colinados dentro de bloques colinados
NIVEL 7	Escalonamiento de superficies planares denudativas (rampas) que configuran cimas planas de colinas y flancos de valles
NIVEL 8	Geoformas de acumulación disectadas Fondo plano de valle Concavidades de primer orden
NIVEL 9	Geoformas locales (“peñoles”, terrazas aluviales, sistemas de abanicos aluviales, acumulaciones de “bolas de roca”).

Fuente: Arias, 2007.

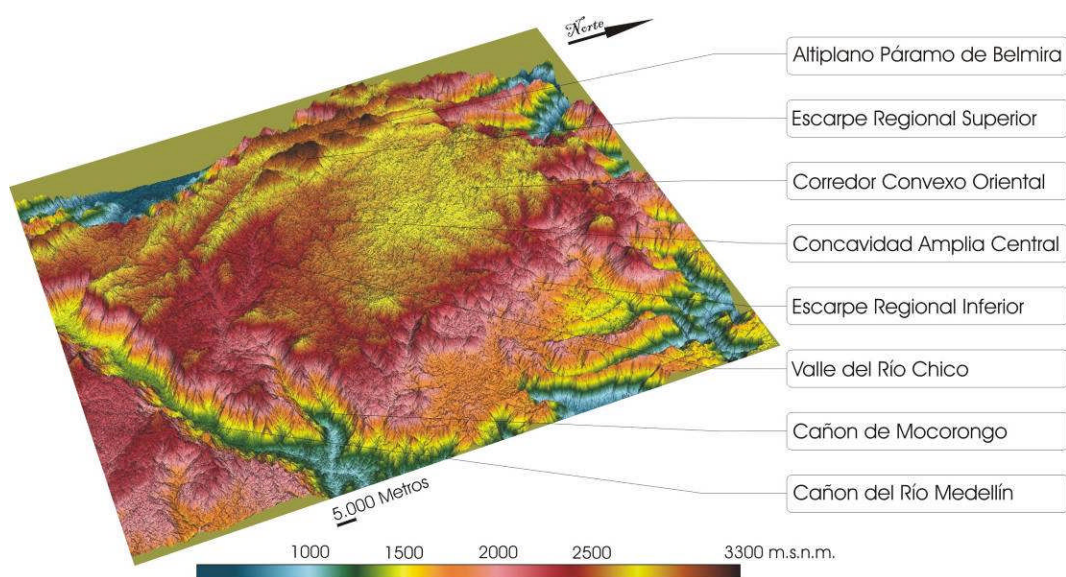


FIGURA 28. Tipos de relieve en altiplano norte y zonas aledañas.
Fuente: Arias, 2007.

El sistema colinado y los valles en cadena corresponden a una nueva generación de relieves de segundo orden; se trata de estructuras morfológicas que enriquecen en diversidad la forma de la superficie de erosión levantada sin modificar la identidad de ella. La denominación de “superficie de erosión levantada y disectada” es el reconocimiento de este hecho.

En la figura 29 se presentan las unidades geomorfológicas identificadas en la cuenca. La zona de estudio presenta 14.590,79 ha en colinas altas y 9.000,98 ha en colinas medias mientras que las geoformas predominantes son las colinas bajas con 41.906,46 ha equivalentes al 34,2 % del área total. Otras geoformas identificadas en la cuenca son en su orden de predominancia: vertientes acolinadas a escarpadas (21.635,57 ha), vertientes onduladas (18.727,28 ha), vertientes planas (4.032,26 ha) y sistemas de filos y cerros (7.368,06 ha), respectivamente.

La diversidad de geoformas que exhibe la zona de estudio infiere altamente en los tipos de pendientes presentes en la misma; donde predominan las bajas (entre 0 y 12 %) con un total de 60.323,36 ha equivalentes al 47,0 % del total del área estudiada. Terrenos con pendientes entre 12 y 25 % ocupan 35.619,84 ha y entre 25 y 50 % 28.447,68 ha, mientras que las pendientes más altas (entre 50 y 100 %) se ubican en una superficie de 3.992,32 ha. En la figura 30 Se presenta el mapa correspondiente a la distribución de las pendientes de la cuenca de río Grande.

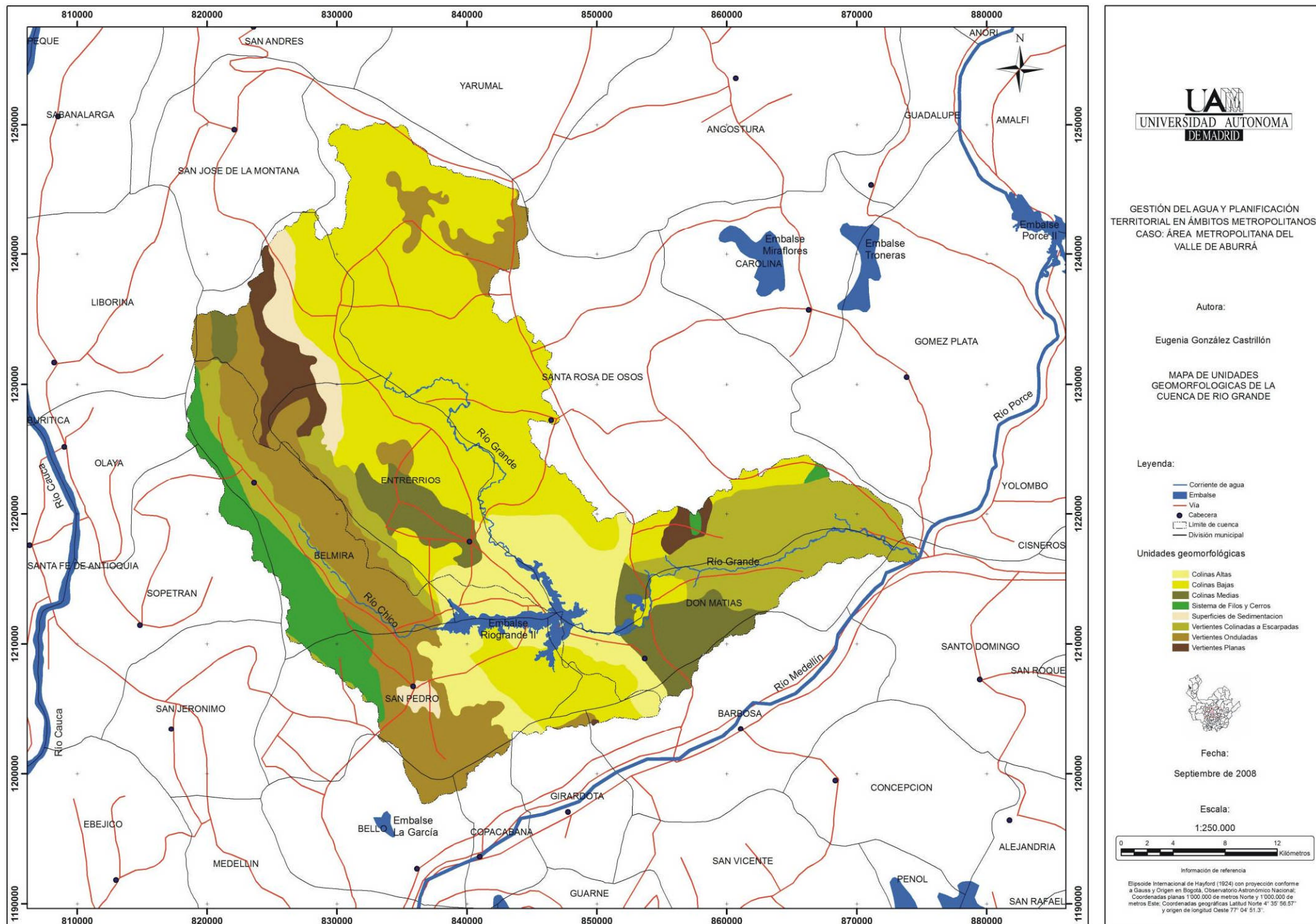


FIGURA 29. Mapa de unidades geomorfológicas de la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Corantioquia, 2005.

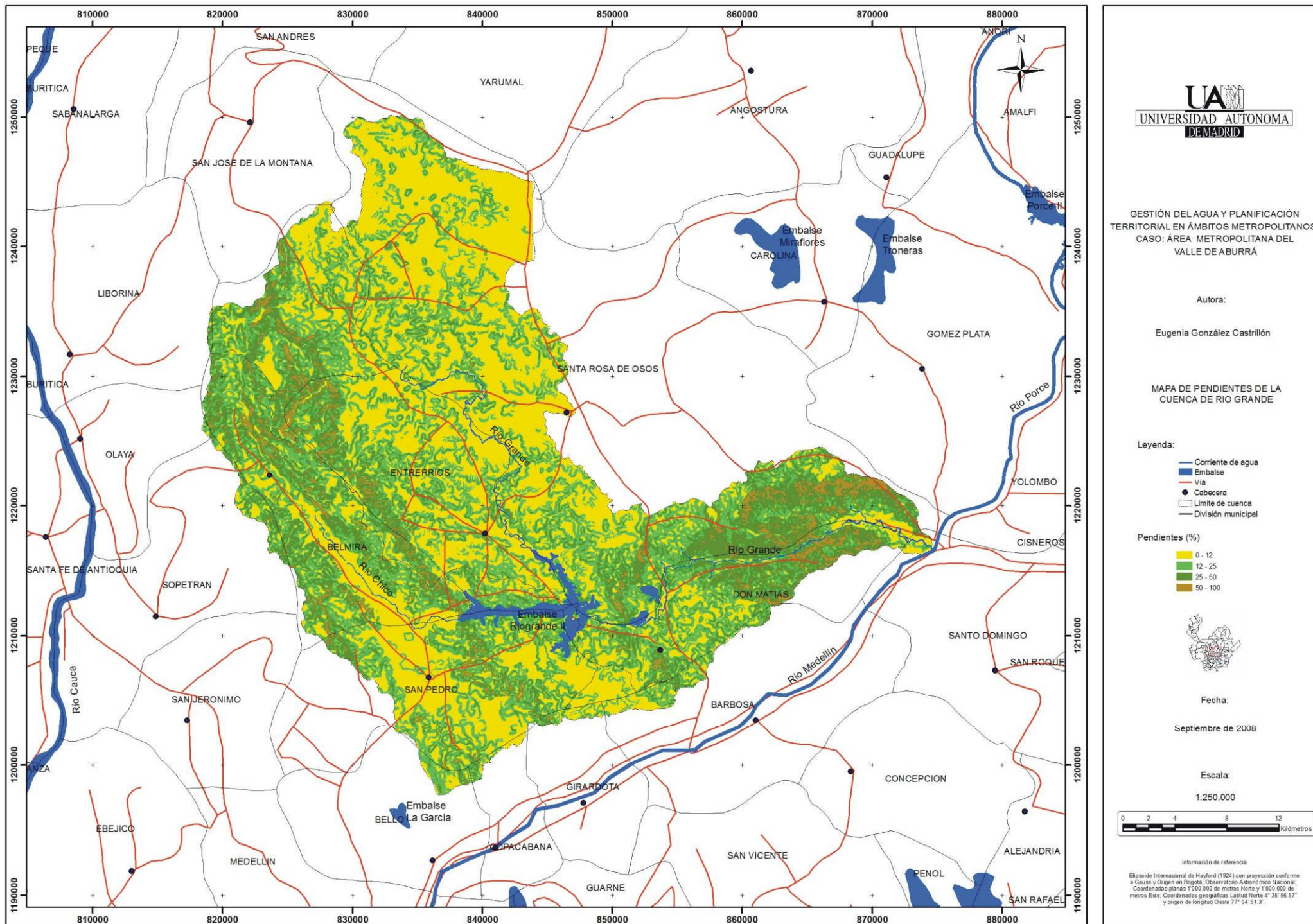


FIGURA 30. Mapa de pendientes de la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Corantioquia, 2005.

4.4.2 Unidades Litológicas

- **Rocas Metamórficas paleozoicas.** Las anfibolitas y esquistos anfibólicos del Paleozoico son las rocas más antiguas que se encuentran en el Altiplano de Santa Rosa, han sido interpretadas como “techos” aislados arrastrados, durante la fase del emplazamiento del Batolito Antioqueño, quedando como franjas y bandas aisladas en el proceso de levantamiento y denudación de la Cordillera (Arias y González, 2001).

Las rocas metamórficas se localizan hacia los bordes del altiplano en el que se encuentran cerros alargados y estrechos que sobresalen 200-300m por encima del nivel del altiplano, lo que indica que la resistencia por erosión diferencial debida a litologías distintas ha jugado un papel importante en el modelado del relieve. Estas rocas presentan perfiles de meteorización poco evolucionados de tal manera que en las vertientes de inclinación moderada afloran saprofitos (IC) y en las vertientes más inclinadas es frecuente encontrar roca parcial o levemente alterada.

- **Cuarzodiorita del Batolito Antioqueño.** Es la unidad litológica más extensa del altiplano e incluso se continúa a través de una región más amplia. En el altiplano predomina la cuarzodiorita y localmente se encuentran facies dioríticas y gabroicas, especialmente en cercanías a los contactos con las rocas metamórficas.

En el altiplano la cuarzodiorita presenta un perfil de meteorización muy continuo y muy espeso (80-90m) en el cual son modelados gran parte de las geoformas del altiplano.

- **Rocas sedimentarias terciarias.** Varias generaciones de depósitos aluviales se encuentran en el altiplano cuyo espesor es mínimo (menor de 2-3m), se ubican en las cimas de colinas en un situación clara de inversión de relieve y muy probablemente de edad terciaria.

La generación más antigua de sedimentos es, según Arias y González (2001), la formación denominada El Vergel, la cual consiste en intercalaciones de conglomerados arenosos, areniscas limonitas y arcillositas que alcanzan un espesor de 22 m. Los afloramientos más representativos de esta formación se localizan en la vereda El Vergel, por el camino carreteable “El Vergel – Balcones-Santa Rosa” y en los Llanos de Cuivá. En estos sedimentos se desarrollo una plinthita de gran espesor con un color característico consistente en moteos de colores rojos y gris.

Discordantemente sobre la primera serie reposa la segunda generación de sedimentos conformada por arenas; los cuales se ubican principalmente en los llanos de Cuivá y su espesor no supera los 2 m.

Remanentes de mínima extensión (menor a 0,5 ha.) de ambas generaciones se sitúan en las cimas planas de algunas de las colinas más altas. Otras series de sedimentos más aluviales se aprecian encima de colinas más bajas y corresponden a áreas cuarzosas que contienen algunas gravas de cuarzo; estos depósitos se presentan como rellenos de canales amplios y de poca profundidad, moldeados en suelo residual.

Los diferentes niveles terciarios de sedimento tienen rasgos comunes: el predominio de arenas cuarzosas y arcillas; la escasez de gravas; la naturaleza cuarzosa de las gravas, siendo mínima la cantidad de gravas de cuarzodiorita o de roca metamórfica; las gravas, cuando están presentes, son bien redondeadas, lo que contrasta con el carácter angular y subangular de los sedimentos cuaternarios.

4.4.3 Suelos y cobertura vegetal

En el altiplano los suelos corresponden a pisos térmicos paramunos desarrollados a partir de materiales ígneos, metamórficos y depósitos no consolidados.

Según Del Llano (1990), geológicamente los páramos se encuentran en terrenos antiguos; sin embargo, estos han sido recubiertos en los últimos tiempos por material de origen glacial o volcánico, quedando solamente algunas salientes agrestes expuestas a las condiciones atmosféricas que debido a las bajas temperaturas y los declives acentuados, no ha sido posible la formación ni del manto ni del suelo autóctono regional.

Los suelos se desarrollan principalmente a partir de rocas ígneas plutónicas y graníticas o de gneis con recubrimientos parciales de ceniza volcánica. De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (IGAC) (1979) los suelos pertenecen a la Asociación de Llanolargo (LL), compuesta en un 50% por los conjuntos Llanolargo (Hidric Durudand, SSS 2003), formado principalmente por cenizas volcánicas, un 20% en el conjunto Montañas (Fluvaquentic Cryosaprist, SSS 2003), derivado de material orgánico, restos de plantas y aluviones y 20% en afloramientos rocosos. Como inclusiones se encuentran Lithic Humitropet.

Los suelos del altiplano de Santa Rosa en su mayoría corresponden a suelos residuales (zona IB)⁷ y saprofitos (zona IC)⁸ derivados de la cuarzodiorita del Batolito Antioqueño. Existe presencia de zona IA⁹ (Arias y González, 2001).

En términos generales, los suelos son pobres en nutrientes, ácidos y con alto contenido de materia orgánica y bajos en bases. Presentan marcada lixiviación y la materia orgánica forma en algunas áreas una gruesa capa de humus. El pH varía entre 4,5 y 5 debido a que son suelos pobres en nitrógeno y fósforo asimilable. Dada la baja fertilidad se hace indispensable el uso de fertilizantes para su aprovechamiento agrícola (Toro y Vanegas, 2002).

La importancia del sistema radica en que estas son áreas de recarga hídrica donde nacen las fuentes de agua para la prestación de los servicios básicos de las poblaciones asentadas alrededor de estos sistemas y de grandes concentraciones de población ubicada en Medellín, mediante el Sistema de Aprovechamiento Múltiple de la Cuenca del Río Grande (Toro y Vanegas, 2002).

⁷ Zona inmediatamente subyacente, no preserva la estructura de la roca original. En esta zona los procesos de meteorización no son isovolumétricos, hay pérdida considerable de masa y ocurren procesos de colapso y desplazamientos locales de los materiales y deformación de las estructuras persistentes, tales como diques cuarzosos. (Geological Society, 1990).

Zonificación correspondiente a suelos residuales (Tomas 1994). Otros autores se refieren bajo esta denominación a suelos derivados de perfiles de meteorización de rocas cristalinas. También se usa este término para contrastarlos con suelos derivados de perfiles de meteorización, es decir, de materiales transportados.

⁸ Zona del perfil donde se evidencian las estructuras heredadas de la roca; en ésta los procesos de meteorización son isovolumétricos. Varios autores la denominan saprofito, término que se utilizará en esta investigación. Es de anotar que los investigadores de ciencias de la tierra en Colombia utilizan a menudo el término “saprofito” como sinónimo de perfil de meteorización.

⁹ Corresponde a la zona más extensa del perfil la cual es muy rica en humus que le imprime un color negro u oscuro a la zona. Desde el punto de vista pedogénico corresponde con horizonte A.

Las comunidades vegetales de las altas elevaciones exhiben unas características fisonómicas que se repiten en las áreas donde ellas se presenten, aun en diferentes continentes (Luteyn, 1999). La estructura interna y la arquitectura comunitaria la describen los elementos, el tamaño, la forma de las plantas dominantes (arbustos, macollas, hierbas o musgos, etc.) el orden horizontal y vertical de sus componentes, la distribución espacial (cubierta continua o dispersa) y por sus variaciones estacionales o fenológicos.

La vegetación en estas formaciones de páramo¹⁰ y bosques altoandinos, según la altura y las condiciones del clima, establece un “continuum” a medida que se descende: Los frailejones y pajonales por encima de los 2.900 msnm., seguidos por los bosques achaparrados que van aproximadamente hasta los 2800 msnm., y finalmente los robledales que llegan hasta los 2000 msnm. Estos bosques son determinantes en la producción de agua porque cubren y protegen la red hídrica donde nacen importantes corrientes de agua que surten acueductos a diversas poblaciones para uso doméstico, de producción agropecuaria e industrial y la generación hidroeléctrica.

La vegetación del páramo corresponde a tres asociaciones vegetales: Vegetación de tipo arbustivo con predominio de especies como sietecueros (*Tibouchina lepidota*), chusque (*Chusquea scandens*), encenillo (*Weinmannia pubescens*), silbo silbo (*Hediosmum bomplandianum*) y schefflera sp. Vegetación de tipo subarbustivo donde predominan entre otros: los frailejones (*Espeletia sp.*), arbustos de las familias Ericaceae y Compositae, palma de cera (*Ceroxylum quindiuensis*)

¹⁰ El término páramo en este estudio se utiliza conforme Cuatrecasas (1934), que lo asocia con un tipo específico de vegetación o sinmorfia, características de la alta montaña andina, entre los 8 y 11° de latitud. Formada principalmente por grandes plantas arrosetadas, arbustos con hojas siempre verdes, coriáceas y esclerófilas. Algunos autores coinciden en establecer los 3200 msnm como el límite inferior, extendiéndose hasta los 4700msnm que es el nivel donde se encuentra la nieve permanente en esta latitud. (Cuatrecasas, 1934; Luteyn, 1999; Rangel, 2000).

y mortiño o nigüito (*Miconia sp.*). Vegetación de tipo herbáceo con menos cantidad de frailejones acompañados de varias especies de helechos, licopodios, gramíneas, aguja de agua, falsa poa, senecios, entre otros (Toro y Vanegas, 2002). Dentro de la vegetación se destaca el Pajonal (*Calamagrostis sp.*).

Espinal (1992) enmarca la zona alta del páramo del Belmira dentro de la formación vegetal pluvial montano que tiene como límites climáticos una biotemperatura¹¹ media aproximada entre 6° y 12°C y una precipitación promedio superior a 2000 mm/año. Presenta la vegetación típica que caracteriza el páramo propiamente dicho, es decir, dominado por gramíneas, que se agrupan en macollas; abundante presencia de *Espeletia occidentales* y diferentes especies de los géneros *Calamagrostis* y *Chasquea* (Jiménez, 1986; Arcila y Fernández, 1991; EPM et al, 1984 y CORANTIOQUIA, 1999).

Las gramíneas en macolla poseen un grueso colchón de necromasa, formado por filiformes que rodean la parte donde están los meristemas de crecimiento (Hernández y Monasterio, 2002). Éstas, luego de una perturbación, muestran la capacidad de producir gran cantidad de fitomasa epígea durante el primer año, lo que significa que son capaces de recuperar su fisonomía en este tiempo, además florecen y dispersan sus semillas, convirtiéndose en excelentes colonizadoras (Vargas, 1997).

El páramo constituye en el ecosistema de mayor interés del área de estudio dado el aporte hídrico que hace a la cuenca del río Grande. Para unos autores el páramo es el resultado de la combinación de unas condiciones ambientales particulares: altura sobre el nivel del mar, precipitación o humedad permanente, geología, suelos entre otros; como lo describen los primeros colonizadores para quienes el origen y uso del

¹¹ El término biotemperatura se refiere al promedio de temperatura en una determinada zona biogeográfica (Mata & Quevedo 1998).

vocablo, hacía referencia a las áreas del norte de los Andes que eran elevadas, frías, inhóspitas con vientos y lluvias fuertes, que les evocaba probablemente las planicies de su nativa península Ibérica.

Estos espacios son sensibles a la degradación principalmente por la ampliación de la frontera agropecuaria, dados los avances de los procesos de urbanización. Los efectos de la acción humana en los altiplanos se ven principalmente en los bordes donde se evidencia el escurrimiento superficial difuso con truncamiento de suelos y escurrimiento superficial concentrado con formación de surcos y cárcavas. Además de la erosión de los suelos esta situación implica desajustes de los ecosistemas productivos, y un avance hacia la desertización.

El uso del suelo en la cuenca del río Grande, según el “Plan de manejo y ordenamiento de la cuenca del río Grande” (ECOSISTEMAS, 2005), se encuentra distribuido en cultivos, rastrojo¹², bosque intervenido, pastos, vegetación de páramo, embalse, bosque de roble y bosque plantado. El 48,42% del total del área en la cuenca se encuentra con cobertura de pastos, que corresponden a 62.491,08 has., seguida de una cobertura en rastrojo del 31,39% (40.520,59 has.), y por último todos los bosques (intervenidos, de roble y plantados) que ocupan el 14,9% (19.229,56 has.), evidenciando una fuerte actividad agropecuaria en la zona que ejerce gran presión sobre los bosques (Figura 31).

¹² Entiéndase el término “rastrojo” como la vegetación en las primeras etapas de sucesión que surge luego de una intervención o aprovechamiento bien sea de un bosque o de un cultivo. Generalmente la matriz boscosa original se ha perdido en una gran proporción, hecho que lo diferencia de la cobertura denominada “bosque intervenido”. El “bosque de Roble” hace referencia al bosque natural de *Quercus humboldtti* y el “Bosque Plantado” a las plantaciones de pino y ciprés (*Pinus patula* y *Cupresus lusitanica*) y Eucalipto (*Eucalytus saligna*). La “vegetación achaparrada” corresponde a vegetación arbustiva de una altura inferior a 3 metros.

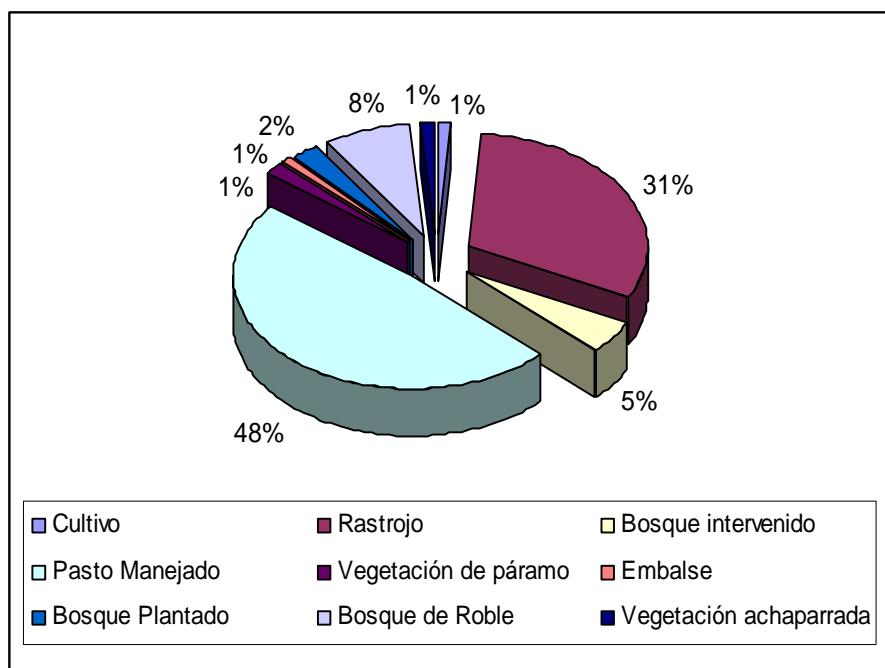


FIGURA 31. Uso del suelo en la cuenca del Río Grande.

Fuente: a partir del “Plan de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca del río Grande”. ECOSISTEMAS, 2005).

En la figura 32 correspondiente al mapa de usos actuales del suelo se puede apreciar la distribución espacial de los mismos en el área de estudio.

4.4.4 Rasgos del clima local

En el área de estudio se ubican un sistema estaciones de monitoreo de diversos tipos: climáticas, pluviométricas y limnimétricas que dan cuenta del comportamiento de las condiciones ambientales de la región. En la siguiente figura se presenta la distribución y en el anexo 2 sus características.

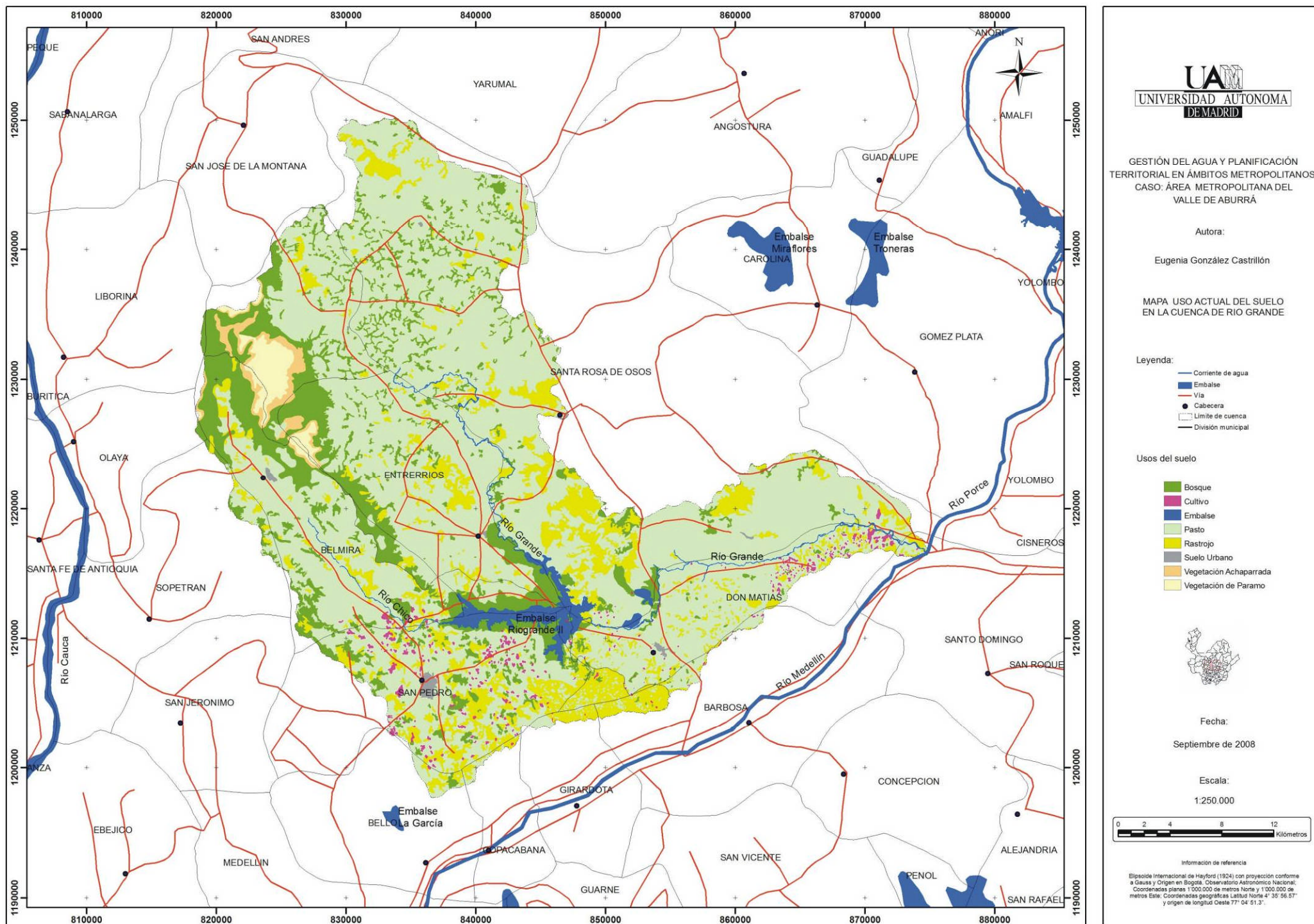


FIGURA 32. Mapa uso actual del suelo en la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Corantioquia, 2005.



FIGURA 33. Estaciones en la cuenca del Río Grande y área cercanas.
Fuente: La autora, 2008

El tiempo es relativamente regular durante el año pero con amplias fluctuaciones durante el día. El régimen climático del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño está influenciado en gran medida por las corrientes cálidas húmedas que ascienden desde la cuenca del río Cauca por las laderas, produciendo un frente húmedo en la zona occidental que le rodea hasta la parte norte donde se encuentra la población de San José de la Montaña donde frecuentemente se observa en horas de la tarde densa niebla que asciende desde el Cauca por las cuencas del río San Andrés y la quebrada San José.

La temperatura promedio oscila entre 12 y 15°C, dependiendo principalmente de la altitud. En la siguiente figura se presentan como ejemplo las temperaturas medias mensuales de las estaciones Aragón, situada en la parte alta de la cuenca a 2600 msnm, Cucurucho en la cuenca media a los 2580 msnm y San Pedro RG La Ye a 2340 msnm. en la parte baja de la cuenca.

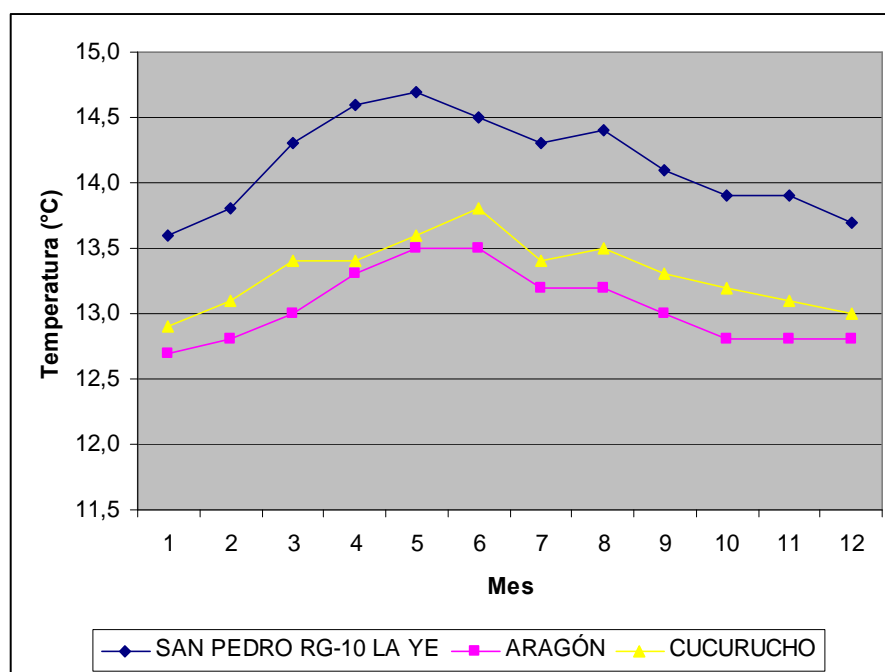


FIGURA 34. Temperaturas medias mensuales en varias estaciones situadas a Alta media y baja de la cuenca del río Grande.

Fuente: Elaboración propia a partir de información series del IDEAM, 2006.

En la figura 35 se presenta el mapa de distribución de la temperatura promedio diaria en el área de estudio.

Las lluvias son de tipo convectivo y orográfico, generadas en su mayor parte por vientos cargados de humedad que provienen del mar Caribe y ascienden por las estribaciones de la Cordillera Central. La precipitación promedio anual varía entre los 2.000 mm y 2.500 mm conforme se puede ver en el anexo 3, donde se presenta la modelación de este parámetro

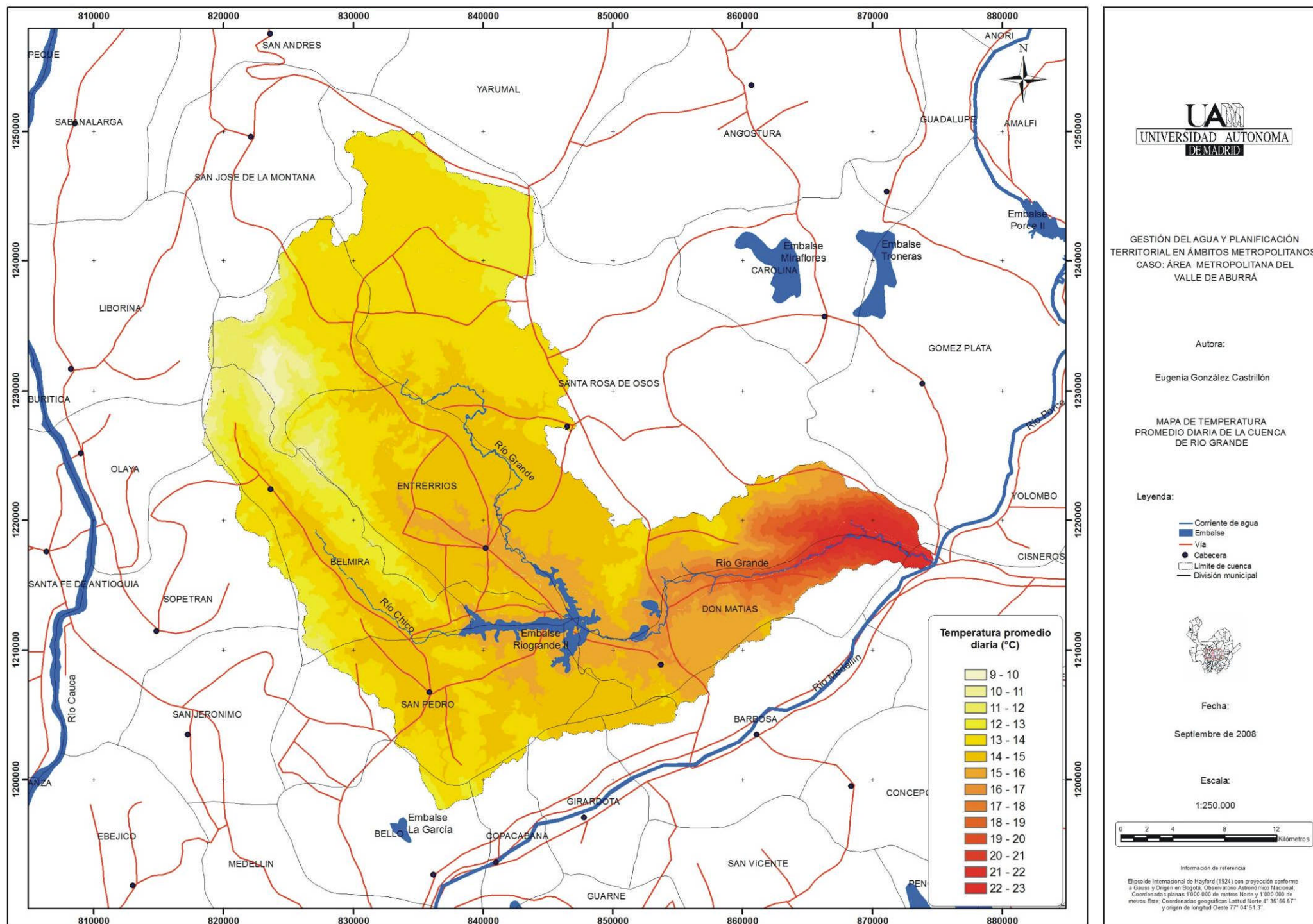


FIGURA 35. Mapa de temperatura promedio diaria de la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Cenicafé, 2005.

para las estaciones ubicadas en la zona de estudio. Se presentan dos períodos de sequía en el año, régimen asociado a los patrones climáticos a nivel continental. La distribución temporal del régimen pluviométrico se explica por el movimiento del Frente de Convergencia Intertropical. Así, se presentan dos períodos de lluvias el primero de abril a mayo y el segundo de octubre a noviembre. Lo anterior asociado con la convergencia de los vientos alisios del Noroeste y del Sureste en la zona ecuatorial.

En la figura 36 se presenta el histograma de la distribución de la precipitación media mensual (mm) de las estaciones de Argón, Cucurucho y San Pedro RG- La Ye, ubicadas en la cuenca del río Grande, partes alta, media y baja respectivamente.

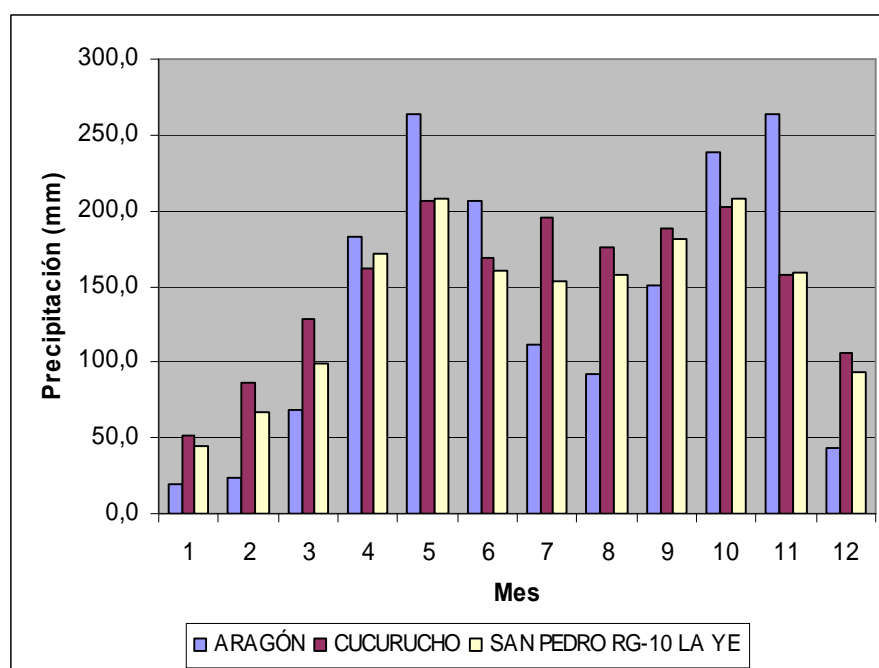


FIGURA 36. Histograma de la distribución de la precipitación media mensual (mm) de algunas de la estaciones de la cuenca del Río Grande.

Fuente: Elaboración propia a partir de información series del IDEAM, 2006.

En la figura 37 se presenta el mapa de distribución de la precipitación anual media en el área de estudio.

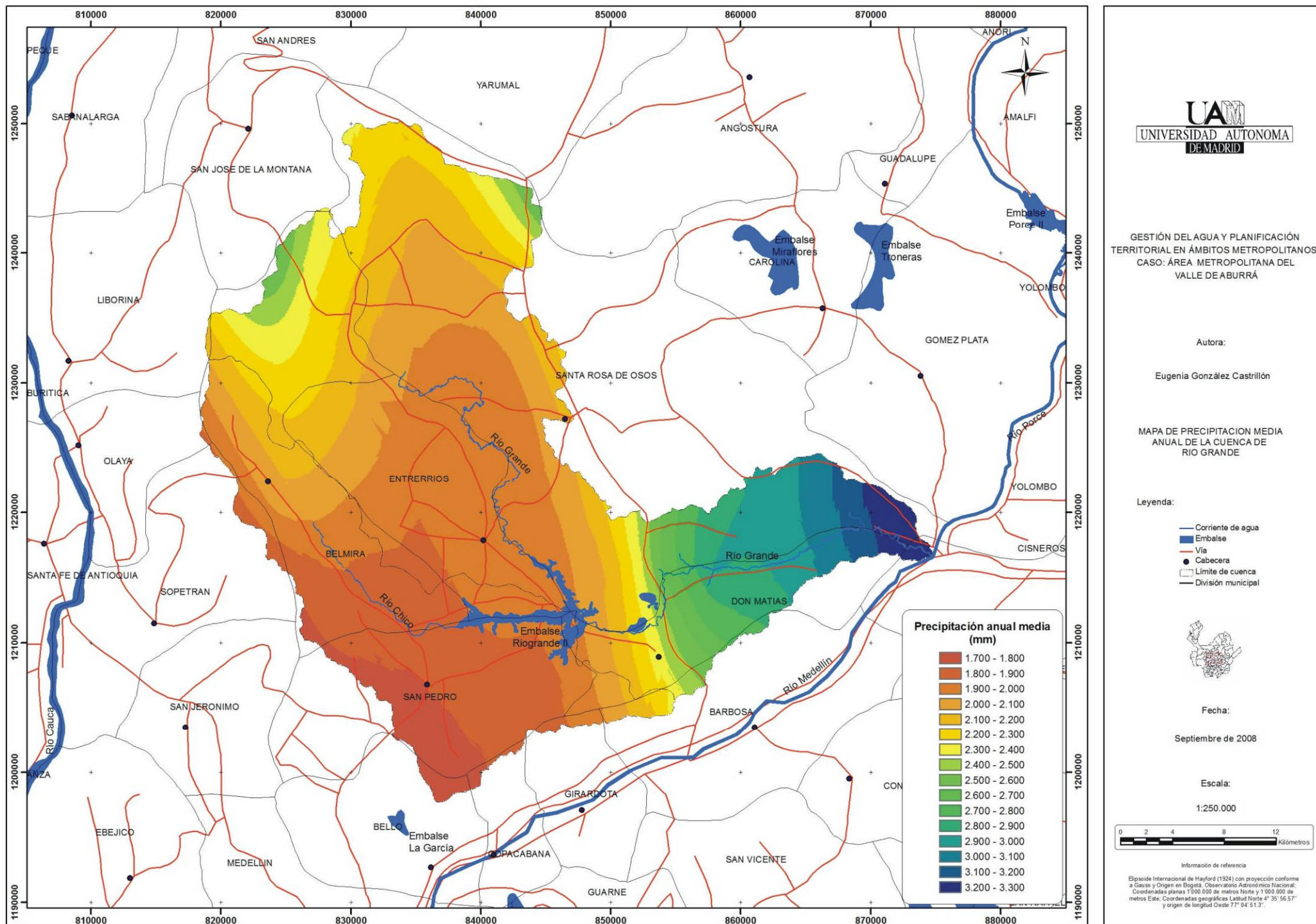


FIGURA 37. Mapa de precipitación media anual de la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Cenicafé, 2005.

La humedad relativa promedio en toda la cuenca fluctúa entre el 72% y el 84% aproximadamente. La evaporación media mensual se encuentra entre los 80 mm y los 140 mm, valores influidos por diversos factores como el tipo de suelo, la temperatura y el brillo solar.

4.4.5 Aspectos hidrográficos

La red hídrica que conforma el río Grande que se origina en el Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño, se ha estimado que abastece de agua a un número considerable de habitantes asentados tanto dentro del sistema como en los alrededores y comprendiendo la totalidad o parte de los municipios de Belmira, San José de la Montaña, San Andrés de Cuerquia, Entreríos, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos, Sopetrán, Olaya, Liborina y Sabanalarga (Ver figura 38).

Cuenca alta del río Grande. Forma parte de la cuenca hidrográfica del río Porce-Nechí a su vez afluente del río Cauca, dentro de la vertiente del río Magdalena que entrega sus aguas al océano Atlántico.

Localizada en el centro del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de San Pedro, Entreríos, Belmira, Don Matías y Santa Rosa de Osos. En una zona ondulada, con elevaciones entre los 2.250 y 3.000 msnm. (UCO, 2004a).

El río Grande nace en el municipio de Santa Rosa de Osos en un ramal de la cordillera Central de los Andes colombianos a unos 3.000 msnm. y con una longitud de 120 Km., corre en sentido Oeste-Este hasta la cabecera del municipio de Don Matías y desde allí en sentido Noreste hasta su desembocadura en el río Porce en el sitio denominado puente Gabino sobre la cota 1100 msnm.

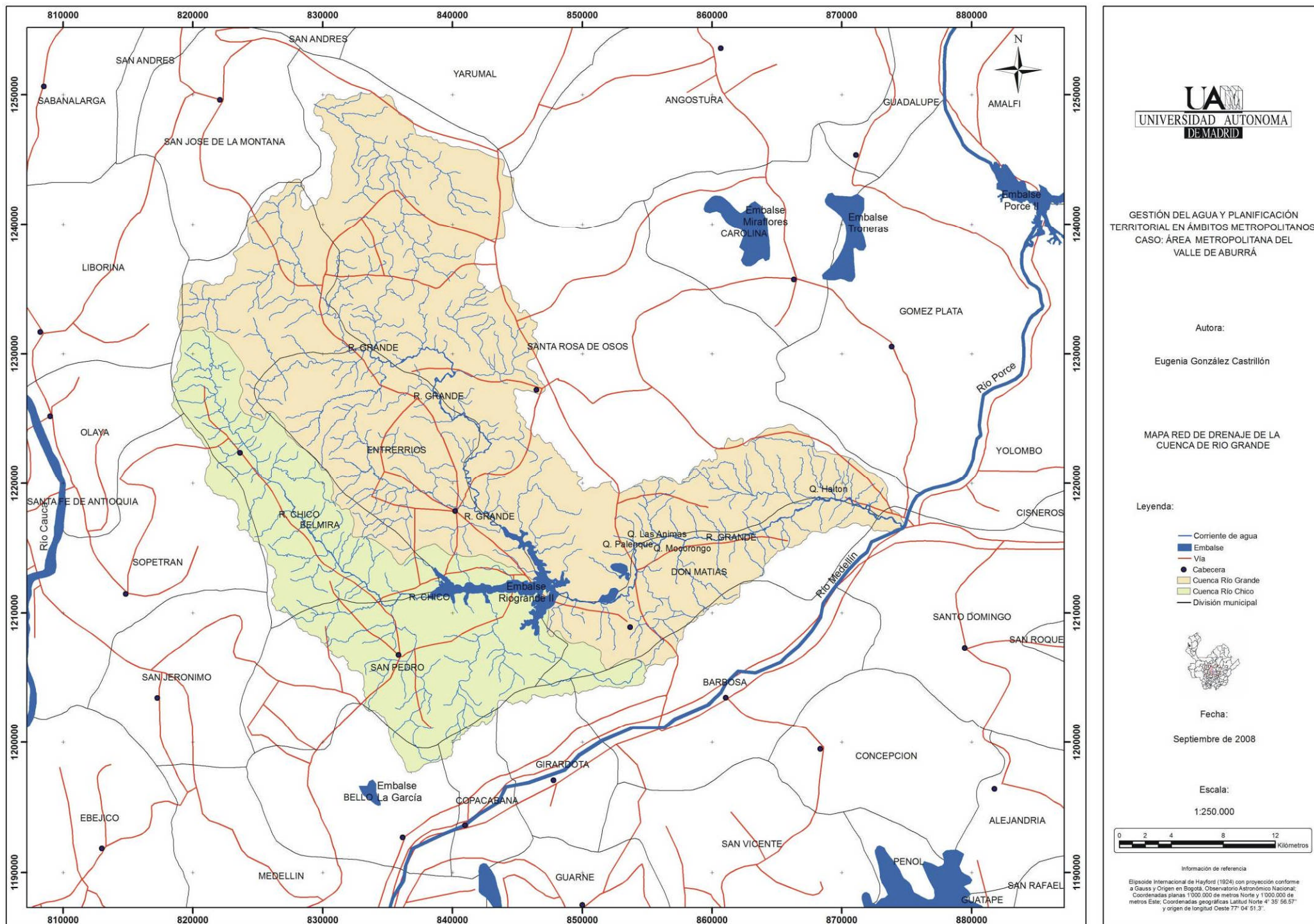


FIGURA 38. Mapa red de drenaje de la Cuenca de Río Grande. Fuente: la autora, 2008.

El río Chico, principal afluente del río Grande, nace en el municipio de Belmira en el alto de Zulia a 3.200 msnm., es abastecido por las quebradas Oromira, San Joaquín, la Serna, La Cisquiarca, Don Diego, Solvetanal, La Aldaña, Santa Rita, San Francisco, San José, La Miel, La Perica, La Amoladora, Marías, Chicharrón, El Roble, Amparo, La Maria, El Granate, Barro Negro, Los Azúcenos, El Golfo, La Salazar, Medina, La Cayetana, La Zarza, San Antonio, Potreritos, La Tolda, Zafra, Marmato, Alicante, Mogote, Montañita, San Juan, Zafra, Hato, El Espinal y las Animas.

El río Chico recorre el municipio de Belmira de Norte a Sur, y continua por los municipios de Entrerríos, San Pedro, y Don Matías, para luego unirse con el río Grande en Don Matías después de atravesar los municipios de Belmira, San Pedro y Entrerríos; este río continúa hacia el Occidente con el nombre de río Grande hasta desembocar en el río Porce, el cual a su vez es afluente del río Nechí y éste del Cauca, dentro de la vertiente occidental del río Magdalena.

Subcuenca del río Chico. Nace en el alto La Zulia, municipio de Belmira a 3.200 msnm en límites con el municipio de Liborina. Presenta bosques de roble e intervenidos, zonas dedicadas a la ganadería y algunos cultivos, principalmente de papa. Posee pendientes entre el 12 y 25% en la mayor parte de sus áreas, hasta abruptas mayores del 50%. Tiene condiciones aptas para la cría de trucha Arco Iris. (UCO, 2004a). Desemboca al río Grande unos kilómetros aguas arriba de la cabecera de Don Matías.

Microcuenca de la quebrada Las Ánimas. Antes afluente del río Chico, actualmente drena al embalse Río Grande II. En la parte occidental es límite entre los municipios de San Pedro y Don Matías, además cubre una pequeña área de este último. Se constituye en un uno de los tres brazos importantes del embalse, junto con los ríos Chico y Grande. Muestra contaminación por agroindustria porcícola, cultivos de tomate de árbol y disposición de empaques de fertilizantes químicos.

Microcuenca El Hato o Santa Bárbara. Se localiza al Sur del municipio de San Pedro de Los Milagros. Nace en el Alto Medina a 2.600 msnm. Como principales afluentes tiene las quebradas La Sucia, Miraflores y La Pulgarina. Toma el nombre de Santa Bárbara en el sector Alto de Torres, para desembocar en el río Chico. Recibe aguas residuales sin tratamiento del municipio y de la Procesadora de Leches Colanta.

Subcuenca de la quebrada El Espinal. En el cerro Quitasol nace una corriente que más adelante toma el nombre del Espinal. A esta quebrada confluyen las aguas de la quebrada El Rano, que al unirse con La Colmenera toma el nombre de Quebrada Don Diego, para finalmente desembocar en el río Grande. En general, exhibe un uso en ganadería y drenajes muy desprotegidos.

Microcuenca Oro Bajo. Nace en la vereda Oro Bajo a una altura de 2.600 msnm., en jurisdicción del municipio de Santa Rosa de Osos, vierte sus aguas al embalse Río Grande II. En general la cuenca presenta procesos erosivos y sus aguas tienen problemas de calidad, principalmente por cultivos de tomate de árbol, con el consecuente uso de agroquímicos.

Subcuenca quebrada Quebradona – Labores. Nace en el municipio de Belmira, en su parte alta presenta pendientes entre el 50 y 75% y en la parte baja cuenta con terrenos ondulados o quebrados con pendientes entre el 25 y 50% (Municipio de Belmira, 2000). En su parte alta se encuentra bien protegida, pero al atravesar diversas haciendas, hasta su desembocadura en el río Grande, presenta cobertura en pastos con la consecuente contaminación por el uso de plaguicidas y abonos orgánicos. Esta quebrada, al igual que el río Chico, presenta condiciones para la cría de trucha Arco Iris. Es muy usual observar la extracción de material de playa. Entre sus principales afluentes están las quebradas Montefrío,

Quebraditas, El Gómez, La Trinidad, Los Olivos, el Valle y La Candelaria su mayor afluente y nace en el alto de Sabanas, en su recorrido es límite entre Belmira y Entreríos hasta su desembocadura en La Quebradota.

Subcuenca La Bramadora – Microcuenca San Francisco Los Atajos.

La Bramadora nace en el sector de Vallecitos a una altura de 2.700 msnm. y la San Francisco en el sector El Guayabo a los 2.700 msnm., municipio de Santa Rosa de Osos. Ambas confluyen al río Grande. La quebrada San Francisco Los Atajos es de alta torrencialidad lo cual se evidencia en la socavación de las orillas del cauce y desestabilización de taludes. El uso en general corresponde a ganadería, cultivos de tomate de árbol y algunos rastrojos.

En general, las microcuencas del Río Chico y Río Grande se encuentran con poca protección principalmente por el uso en ganadería, cultivos, especialmente de papa y tomate, con la consecuente pérdida de suelo, alteración de las condiciones físicas y deterioro ambiental en las diversas corrientes que finalmente drenan a estos ríos.

Lagunas. En la parte alta del río Chico, Noroeste de la cabecera municipal de Belmira, se cuenta con las lagunas El Morro y El Sabanazo, en la primera nacen las quebradas La Concha, Quebradona, Nuevo Mundo y La María. Dado el uso agropecuario y en ocasiones el turismo, se presenta en estas zonas deforestación. En el altiplano de Santa Rosa de Osos se presenta una densa red de humedales. Dicho sistema es clave para la regulación hídrica de las cuencas principales, como la del Río Grande dada su importancia como fuente del sistema de acueducto del Valle de Aburrá y para la generación actual de energía.

4.4.6 Consideraciones sobre la calidad del recurso hídrico en la cuenca del Río Grande

Cabe anotar que los desechos industriales arrojados a los ríos dañan la vida silvestre y envenenan las reservas de agua potable. El mundo actual tiene el reto de reducir la contaminación, pues es inminente el peligro que regiones enteras se vuelvan inhabitables y que se extingan muchas especies de animales y plantas, y por qué no decirlo de seres humanos también, pues la contaminación hídrica se constituye en una de las mayores amenazas para la salud humana. La mayoría de las enfermedades de transmisión hídrica son carácter mortal.

A continuación se listan las principales enfermedades transmitidas por el agua contaminada, la mayoría de ellas mortales para la población, en particular los infantes, además de problemas a la economía, la naturaleza y el bienestar general (García, 2007).

A) Enfermedades

- Fiebre Tifoidea (mortal)
- Fiebre Paratifoidea (mortal)
- Hepatitis Infecciosa (mortal)
- Gastroenteritis (mortal)
- Desinteria (mortal)
- Envenenamiento (mortal)
- Hongos, infección en la piel

B) Problemas en la Economía

- Daños a los suelos
- Daños a la agricultura y la ganadería
- Daños a los sistemas de generación hidroeléctrica
- Destrucción de la pesca
- Destrucción de ecosistemas económicamente productivos

- Gastos médicos
- Daños a la recreación
- Devaluación de las áreas afectadas

C) Problemas para la naturaleza

- Destrucción de los ecosistemas acuáticos
- Daños a ecosistemas terrestres
- Daños al paisaje natural

D) Problemas para el bienestar general

- Malos olores
- Mal aspecto
- Inutilidad del agua para el uso directo humano.

Conforme señala la Contraloría General de Antioquia (2003) la contaminación de las diferentes fuentes de agua de los municipios ubicados en de la zona de influencia del embalse Río Grande II, se considera uno de los principales problemas ambientales que afectan la región norte del Departamento.

En la cuenca del río Grande las actividades que mayor contaminación generan corresponden al uso irracional del agua, al uso indiscriminado de agroquímicos, a las actividades de deforestación de las zonas de reserva, a la ampliación de la frontera agropecuaria, a la descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua y la indebida disposición de desechos sólidos. Esto unido al crecimiento de la población y el mal manejo de los bosques naturales, ha producido el deterioro y el progresivo agotamiento de las fuentes de agua con los efectos consiguientes en la salud pública y en el desarrollo socioeconómico.

Las actividades industriales y agrarias en la zona de estudio corresponden principalmente a la producción de lácteos y sus derivados (figura 39), curtiembres, fábricas de velas, cultivos como la papa (Patata, *Solanum sp.*, ver figura 40) y el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*, ver figura 41), y en menor escala, las explotaciones porcinas (Ver figura 42) y trucheras (Ver figura 43), dan origen a la contaminación que se produce en la región.



FIGURA 39. Producción lechera. Cuenca Río Grande.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 40. Cultivo y beneficio de papas (patatas) (*Solanum sp.*). Cuenca Río Chico.
Fuente: La autora, 2007.

Nótese en las imágenes de las figura 40 y 41 que la producción agrícola está poco tecnificada, utiliza mano de obra de la región y se asienta sobre diferentes relieves de la cuenca.



FIGURA 41. Cultivos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). Izquierda, cuenca Río Chico; derecha, cuenca Río Grande.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 42. Unidad porcícola. Cuenca Río Chico.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 43. Estación piscícola. Truchera Belmira.
Fuente: La autora, 2007.

De otro lado, la falta de conciencia ambiental sumada a la alta presión en el uso del suelo se traduce en nuevos impactos sobre los recursos naturales. Las acciones más frecuentes corresponden al incumplimiento de la normativa ambiental respecto a los retiros de las márgenes de los ríos, estableciendo pastos hasta los cauces de los mismos (Ver figura 44) o incluso viviendas como se puede apreciar en la figura 45. También, ocasionalmente, se hacen quemas a cielo abierto de material vegetal que generan contaminación atmosférica y alteran la calidad ambiental en la zona (Ver figura 46).



FIGURA 44. Ausencia de retiro en márgenes del Río Chico.
Fuente: La autora, 2007.

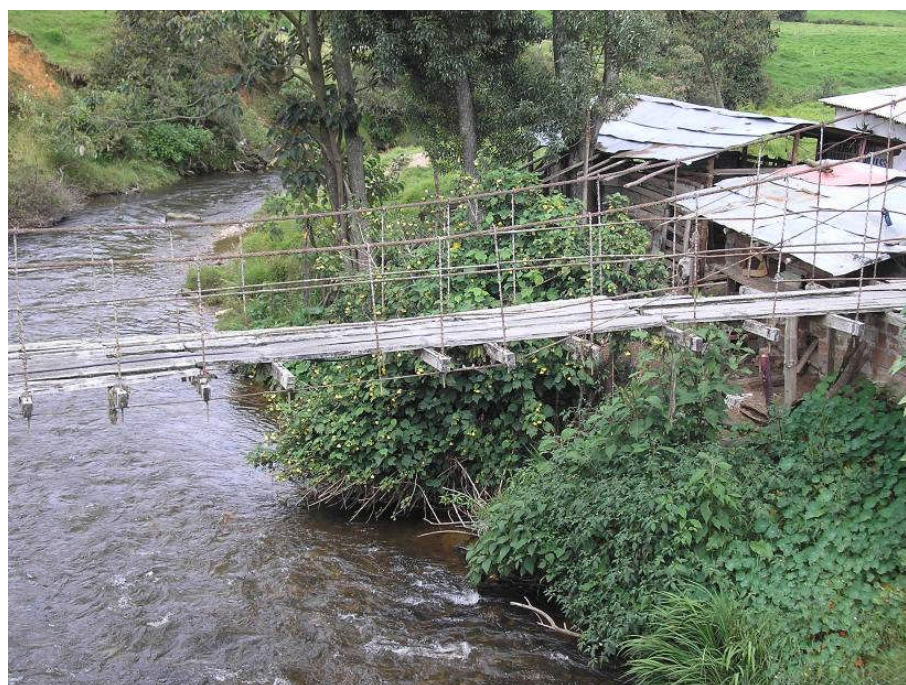


FIGURA 45. Invasión de cauce y vertido de aguas servidas.
Río Chico.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 46. Contaminación por quemas a cielo abierto.
Fuente: La autora, 2007.

Las diferentes actividades productivas en la zona generan aguas residuales que, por lo general, son descargadas directamente o por medio del alcantarillado a diferentes fuentes de agua como ríos, quebradas, nacimientos y afloramientos que atraviesan los municipios del área de estudio. Esto se debe especialmente a la incompatibilidad de usos del suelo, al incumplimiento de la legislación ambiental nacional, y a la falta de gestión de las autoridades locales y ambientales para implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales y controles a los niveles de descargas de los diferentes sectores productivos.

El río Grande recibe la mayoría de los s de aguas residuales, provenientes de la actividad agrícola y ganadera de la región del altiplano Norte, por lo que llegan a la cuenca contaminadas por el abuso en el uso de agroquímicos y fertilizantes. Situación que unida a la tala del bosque para la ampliación de la frontera agropecuaria incrementa el deterioro de la calidad de las aguas.

Las fuentes de agua más afectadas son las quebradas de La Torura en el municipio de Entreríos, afluente del Río Grande, la Santa Bárbara, afluente del Río Chico, y quebrada Las Ánimas. Lo mismo sucede con los vertidos industriales de las empresas allí establecidas, las cuales carecen de sistemas de tratamientos de aguas adecuados, como el caso de la procesadora de leche Colanta, la empresa más importante de la región, que vierte sus aguas a quebradas aledañas, ocasionando contaminación y pérdida de la calidad del ecosistema acuático. En las imágenes de la figura 47 se aprecia la contaminación de la quebrada Santa Bárbara por disposición de sueros provenientes de la empresa Colanta.

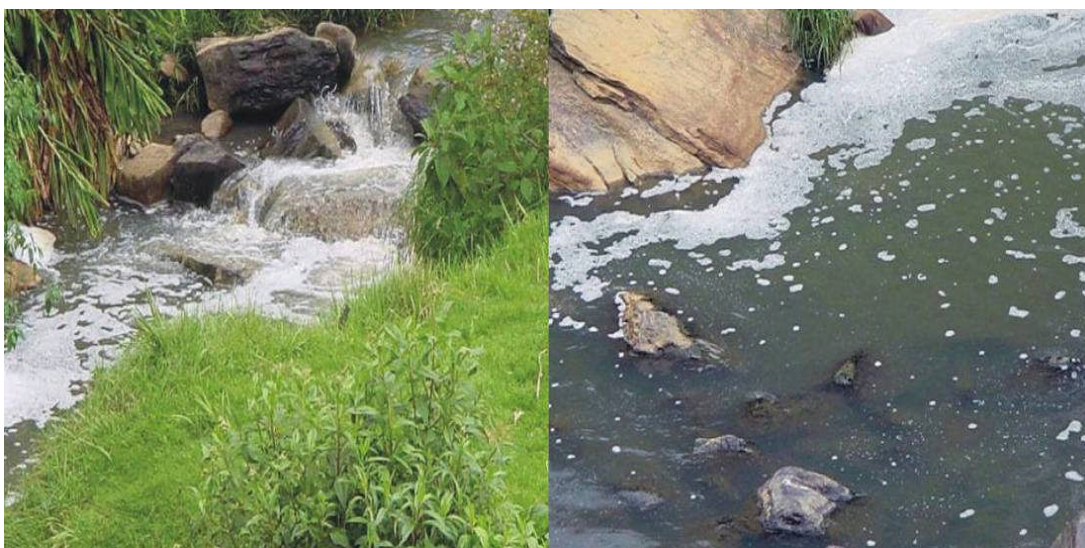


FIGURA 47. Contaminación de la Quebrada Santa Bárbara en la confluencia al Río Chico. Vertido de Sueros de la empresa Colanta.

Fuente: Foto tomada de UCO 2004a y 2005

Obsérvese en la figura 47 el inadecuado manejo de las aguas residuales, por el vertimiento tanto de aguas residenciales como el de aguas provenientes de la agroindustria principalmente lechera.

La microcuenca de la quebrada Santa Bárbara, denominada el Hato, recibe a través de sus afluentes, las quebradas La Sucia, Miraflores y La Pulgarina, las aguas residuales sin tratamiento del Municipio de San Pedro y las de la procesadora de leches Colanta, las cuales desembocan, aguas abajo, en la subcuenca del Río Chico (Ver figura 48).



FIGURA 48. Contaminación de Quebrada Miraflores, zona urbana del municipio de San Pedro. Vertido de aguas residuales de la empresa Colanta.

Fuente: Foto tomada de UCO 2004a y 2005

La microcuenca de la quebrada Oro Bajo se encuentra sin vegetación para su protección, y la calidad del agua se ve afectada por el establecimiento de plantaciones de tomate de árbol y el uso intensivo de agroquímicos. Asimismo presenta erosión y desestabilización de riberas en algunas zonas de su cauce.

La quebrada Quebradota, afluente importante del Río Grande, aunque se encuentra bien protegida en su parte alta, a su paso por las diferentes haciendas hasta su desembocadura en el Río Grande, atraviesa potreros, con la consecuente contaminación por plaguicidas y abonos orgánicos que afectan la calidad de las aguas. Adicionalmente de allí se extrae material de playa para la construcción y afirmado de vías. Vale anotar que al igual que el Río Chico, esta quebrada presenta condiciones aptas para la cría de trucha Arco Iris, por lo que resulta aún más relevante su protección y conservación.

La microcuenca de la quebrada las Ánimas recibe una carga contaminante proveniente de la agroindustria porcina, de los cultivos de tomate de árbol, de la disposición final de empaques de fertilizantes químicos, que son arrojados a campo abierto o a las fuentes de agua cercanas y recibe las aguas residuales sin tratamiento de viviendas localizadas en el área.

Los desechos sólidos generados en las cabeceras municipales al no ser recogidos oportunamente, son arrojados por la comunidad a terrenos baldíos o a las corrientes de agua. La inadecuada gestión de los vertederos o rellenos sanitarios, su localización y la falta de conciencia de la población en su manejo y tratamiento resultan ser un factor de gran preocupación ambiental. La disposición de los residuos sólidos en la zona de Entreríos, Belmira, Santa Rosa, San Pedro y Don Matías se caracteriza por no tener unas técnicas adecuadas de manejo, que garanticen la protección de los recursos naturales. Adicionalmente, dada la baja cobertura rural en el servicio de recolección de los residuos, la población utiliza con frecuencia alternativas como la quema, el enterramiento o el depósito a cielo abierto en predios cercanos a fuentes de agua según se indica en los

diferentes planes de ordenamiento territorial de los municipios (POT) (Municipio de Belmira, 2000; Municipio de Entrerrios, 2000; Municipio de San Pedro, 2000; Municipio de Santa Rosa de Osos, 2000; Municipio de Belmira, 2000).

El municipio de Santa Rosa de Osos, por su parte, cuenta con un relleno sanitario manual, ubicado en la vereda La Granja, a 2 km de la cabecera municipal sobre la margen derecha de la quebrada San José que vierte sus aguas al embalse Río Grande II (figura 49); la producción diaria de residuos es de 8.4 ton/día. El relleno del municipio de San Pedro de los Milagros está ubicado en la vía que conduce a Entrerrios (figura 50), a unos 9.2 km de la cabecera municipal en la margen derecha del embalse de Río Grande II, posee una vida útil de tres años; la producción diaria de residuos es de 4611.4 kg/día. El municipio de Entrerrios posee un relleno sanitario tipo manual, ubicado en la vereda Riogrande, a una distancia de 3 km de la cabecera municipal, por la vía que de ese municipio conduce a Don Matías sobre la margen derecha del Río Grande (figura 51). El relleno sanitario del municipio de Belmira no presenta incidencia directa sobre alguna fuente de agua cercana a él, se encuentra ubicado en la vereda el Yuyal, a una distancia de 4.5 km de la cabecera municipal, por la vía que conduce al corregimiento de Horizontes del municipio de Sopetrán (figura 52). El corregimiento de Labores lleva los residuos sólidos al relleno de Entrerrios o al municipio de San José de la Montaña.



FIGURA 49. Vertedero (Relleno sanitario) municipio de Santa Rosa de Osos.
Fuente: Foto tomada de UCO 2004a y 2005



FIGURA 50. Vertedero municipio de San Pedro de los Milagros.
Fuente: Foto tomada de UCO 2004a. 2005



FIGURA 51. Aspecto general del Vertedero Municipio de Entreríos.

Fuente: Foto tomada de UCO 2004a y 2005



FIGURA 52. Vertedero municipio de Belmira.

Fuente: Foto tomada de UCO 2004a y 2005

Estos vertederos son de tipo manual, carecen de sistemas de recolección, disposición final y tratamiento de lixiviados, así mismo no poseen pozos de monitoreo. Los casos más graves se presentan en los municipios de San Pedro de los Milagros y Entreríos, por la localización de los rellenos sobre las laderas de las fuentes de agua que van al embalse Río Grande II, ocasionando contaminación por escorrentía de lixiviados y residuos que no son enterrados adecuadamente. En los municipios de Santa Rosa y Belmira se requiere de estudios técnicos sobre el manejo de los lixiviados para disminuir la carga contaminante que afecta el recurso hídrico.

La Universidad Católica de Oriente (UCO, 2004b), realizó un estudio relacionado con la calidad del agua de las corrientes que surten el embalse Río Grande II; en dicho estudio se determinó el grado de afectación de las corrientes de agua generada por las diferentes actividades productivas localizadas en la región. Se determinaron algunos aspectos generales y variables fisicoquímicas y bacteriológicas que dan cuenta de la calidad del agua de la cuenca.

De acuerdo con el estudio mencionado, se cumple con: el pH entre 6,5 y 8,5, cercano al neutro que se mantiene dentro los valores establecidos por la norma para el agua potable en todos los afluentes; la temperatura por debajo de los 25°C, entre 16°C y 20,5°C, conforme la norma; el porcentaje de saturación de oxígeno es mayor del 90% en todas las quebradas, excepto en La Torura y Santa Bárbara que decrece al 75 y 77% respectivamente. La Quebrada Santa Bárbara es la única que tiene potencial redox negativo.

Mientras que la conductividad, los sólidos totales y disueltos y los cloruros son bajos en todas las quebradas, excepto en la Santa Bárbara, en la cual la conductividad está por encima de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demostrando que hay un aporte grande de iones; lo mismo los sólidos totales y los sólidos disueltos y los cloruros que, aunque no están por encima de los límites permisibles para aguas que se van a tratar, si son altos para esta cuenca (tabla 22) (UCO, 2004b).

TABLA 22. Parámetros de calidad del agua en la cuenca de Río Grande.

Parámetro	Río Grande	Quebrada Quebradona	Río Chico	Santa Bárbara	San Francisco Los Atajos	La Torura (estación 3)	Las Ánimas	Oro Bajo	Quebrada Bramadora	Quebrada Yerbabuenal
pH (unidades de pH)	7.56	6.99	7.85	7.32	7.17	7.18	6.99	7.15	6.99	7.37
Temperatura (°C)	17.2	16.0	16.0	18.6	13.7	19	19.5	20.9	17.0	17.4
% de saturación de Oxígeno (%)	98	104	115	75.0	81.3	77.7	99.8	103.2	122.8	98.3
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	28.9	28.1	50.9	226	28.7	62.8	24.4	34.3	33.7	31.8
Cloruros (mg/L)	3.74	2.00	6.99	30.94	2.48	9.67	3.49	2.49	3.99	7.73
Sólidos totales (mg/L)	57.0	62.0	45	191	43	73	43.0	30.0	38.0	60.0
STD (mg/L)	16	33.0	28.0	117	17	33.0	11.0	17.0	18.0	58.3
Potencial redox (mv)	+ 175	+ 141	+ 140	- 11	+ 103	+ 118	159	212	+ 98	+ 80.0
Hierro (mg/L)	1.411	1.336	0.905	3.340	0.252	0.9	1.250	0.759	0.086	1.173
Manganeso (mg/L)	0.00789	0.0153	0.02019	0.0936	0.0135	0.04082	0.03161	0.02037	0.0278	0.0358
DQO (mg/L)	13.7	15.4	11.0	52.6	<11.0	< 11.0	22.2	15.80	15.7	21.7
DBO5 (mg/L)	3.9	3.2	4.0	23.6	1.50	4.14	16.3	2.8	5.0	15.8
Nitrógeno total (mg/L)	0.21	0.42	2.058	4.158	0.87	0.66	0.480	0.340	0.460	0.630
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	0.14	0.35	0.280	1.708	0.64	0.25	0.360	0.140	0.360	0.280
Nitratos (mg/L)	< 0.004	0.004	0.165	0.023	0.061	0.077	0.014	0.022	0.057	0.024
Nitritos (mg/L)	0.003	0.001	0.028	0.010	< 0.001	0.006	0.001	0.001	0.036	0.001
Turbiedad (Un. T)	9.63	1.38	4.59	16.0	1.09	1.19	11.50	4.20	5.96	7.01
Color verdadero (U/C)	2.881	2.241	2.441	6.883	5.0	7.5	3.442	2.321	5.483	2.201
Color Aparente (U/C)	2.241	2.281	3.001	9.605	15.0	25.0	3.602	2.361	6.083	2.321
Coliformes totales (NMP/100) ml	1100	5000	16000	16000	1700	1600000	9000	3000	5000	1300
Coliformes fecales (NMP/100) ml	110	300	2200	3000	500	50000	230	230	330	80

Fuente: UCO, 2004b.

4.4.7 Tenencia de la tierra en el área de abastecimiento

La Corporación Autónoma Regional para el Centro de Antioquia Corantioquia en el documento “Conservación, ordenamiento y manejo del sistema de páramos y bosques alto-andinos del noroccidente medio antioqueño” 1999, define la estructura de predios por municipio, según lo establecido en los planes de desarrollo, de acuerdo con el tipo y tamaño de explotación conforme se presenta en la tabla 23.

TABLA 23. Estructura de predios en el área de abastecimiento.

Explotaciones	Tamaño
Subfamiliares	Menos de 10 has.
Familiares	De 10 a 50 has.
Multifamiliar medio	De 50 a 200 has.
Empresarial (latifundio)	Mayor de 200 has.

Fuente: Corantioquia. Conservación, ordenamiento y manejo del sistema de páramos y bosques alto-andinos del noroccidente medio antioqueño, 1999.

Empresariales o latifundios. Los latifundios en las zonas altas ocupan bosques intervenidos, vegetación rala típica de subpáramo y sobre pajonales asociados con frailejón, donde se ha establecido ganadería extensiva, con prácticas de quema en épocas secas ocasionando un grave deterioro de la formación vegetal de páramo y bosque montañoso (figura 53).



FIGURA 53. Aspecto general del uso del suelo en zonas altas. (Latifundio).
Fuente: La autora, 2007.

Los principales predios de este tipo se encuentran en áreas por encima de los 2.700 msnm. en el municipio del Belmira y en la vereda El Filo del municipio de Entreríos. Las cuencas de los ríos San Andrés y Río Grande, en las partes altas, predios con extensiones superiores a 1.500 has., dedicadas a la producción lechera en forma tecnificada, con áreas en rastrojos altos y robledales intervenidos ubicados en la zona de alta pendiente. Las zonas de las vegas de estos ríos que eran humedales han sido drenadas para el establecimiento de potreros para ganadería, ocasionando desecamiento y alterando los ciclos hidrológicos de las fuentes y las condiciones de humedad del suelo. Este tamaño de predio representa el menor porcentaje en todos los municipios del área de estudio.

Predio multifamiliar medio. Las actividades económicas son similares a las de los latifundios, algunas presentan cobertura boscosa y otros potreros. Los usos del suelo en su mayoría compuestos por rastrojos altos y unos cuantos manchones de bosque. Este tamaño de predio se concentra en los municipios de Entreríos y Belmira. En la figura 54 se puede apreciar el aspecto general de uso de la tierra en esta categoría.



FIGURA 54. Aspecto general uso del suelo en predio multifamiliar medio.
Fuente: La autora, 2007.

Predios familiares. Este tamaño de predio es más común que los anteriores en todos los municipios del área de estudio (figura 55). Don Matías tiene el 51% de sus predios en esta categoría, le sigue Santa Rosa de Osos con el 45%, Entrerríos con el 30%, Belmira con el 24% y, por último, San Pedro de los Milagros con el 11%.

La actividad predominante es la producción lechera sobre pastos mejorados y algunos cultivos de papa y tomate de árbol en las veredas de Entrerríos principalmente. También algunos cultivos de pan coger como maíz, frijol, la yuca y el plátano.



FIGURA 55. Aspecto general uso del suelo en predio familiar.

Fuente: La autora, 2007.

Predios subfamiliares. Este tipo de tenencia de la tierra es el que predomina en toda la zona de estudio. El mayor número de predios se clasifica en la categoría, con extensiones territoriales entre las 0 y 10 hectáreas (Ver figura 56). En este sentido el municipio de San Pedro de los Milagros posee el mayor porcentaje en este tamaño de predio (87%).



FIGURA 56. Aspecto general uso del suelo en predio subfamiliar.

Fuente: La autora, 2007.

Las actividades económicas se concentran en el ganado de leche y en cultivos de subsistencia. En las veredas La Lana y San Juan se presenta el mayor porcentaje de predios subfamiliares y un considerable número de predios dedicados a fincas de recreo, apreciándose fragmentación en la propiedad.

En la tabla 24 se aprecia la distribución de predios por rangos de tamaño en los municipios del área de estudio.

TABLA 24. Porcentaje del tamaño predios por municipio en el área de estudio.

Municipios	0 a 10 ha	10 a 50 ha	Más de 50 ha
Belmira	60	24	16
Entrerríos	62	30	8
San Pedro de los Milagros	88	11,5	0,5
Santa Rosa de osos	43	45	12
Don Matías	23	51	16

Fuente: Elaboración propia a partir de CORANTIOQUIA, 2007.

Grisales y Mejía (2001) señalan que el sistema de “producción ganadero extensivo mejorado” es el más representativo en la zona del Altiplano y lo describen como aquel caracterizado por presentar una incorporación media de tecnología, la cual incluye introducción y manejo de pastos y rotación de cultivos, cercas eléctricas al interior de los potreros. La capacidad de carga en estas fincas es del orden de 1,5 unidades de ganado por hectárea. Las veredas del municipio de Belmira, donde predominan las características propias de este sistema de producción, son: La Salazar, La Amoladora, Zancudito, La Miel, Playas, y parte de Zafra, El Yuyal y El corregimiento de Labores.

De acuerdo con Grisales y Mejía (2001), este sistema de producción se desarrolla principalmente en predios de la categoría familiar en un 68,75% del total. En orden de participación, le siguen las categorías multifamiliar y subfamiliar, con el 18,75% y 12,50%, respectivamente, en la categoría de latifundios no se identificaron predios (Tabla 25).

TABLA 25. Usos del suelo en el “Sistema de producción ganadero extensivo mejorado” en el Área de Manejo Especial del Sistema de Páramo y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño.

	USOS DEL SUELO						
	Promedio	PASTO		BOSQUE		CULTIVO	
	Hectáreas	Prom Has	Participación	Prom Has	Participación	Prom Has	Participación
	TOTAL						
Promedios	35,90	26	72,41%	9,53	26,54%	0,37	1,05%
	SUBFAMILIAR						
Promedios	6	5	83,34%	1	16,66%	0	0,00%
	FAMILIAR						
Promedios	21,14	16,36	77,40%	4,22	20,00%	0,55	2,60%
	MULTIFAMILIAR						
Promedios	110	75,34	68,49%	34,66	31,51%	0	0,00%
	LATIFUNDIO						
Promedios							

Fuente: Grisales y Mejía, 2001. Identificación y Valoración de los Sistemas Productivos en el Área de Manejo Especial del Sistema de Páramo y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño.

Los usos del suelo en el sistema de Producción Ganadero Extensivo Mejorado se encuentran distribuidos entre pastos, cultivos y bosque como se puede apreciar en el cuadro la participación de los pastos supera considerablemente los otros usos, marcando una tendencia muy clara hacia la expansión de la frontera ganadera. La presión tan fuerte de los pastos sobre el bosque en todas las formas de tenencia de la tierra evidencia la necesidad de tomar medidas que permitan recuperar el sistema o mantener estable esta dinámica.

4.4.8 Percepción del agua en la cuenca del río Chico. Resultado de encuesta.

Con el objeto de establecer la percepción de los habitantes de la cuenca se realizó una encuesta que permitirá más adelante proponer acciones de participación en los procesos de gestión y ordenación del territorio.

El proceso de recolección de la información se realizó encuesta a una muestra 20 unidades familiares asentadas en la cuenca.

Sobre una base de 16 preguntas, entre abiertas y cerradas con dos posibilidades, se pretendió conocer e identificar la percepción de los habitantes de la cuenca en torno al recurso agua. De estas 16 preguntas se sacó un consolidado con las más relevantes para el análisis, las nueve preguntas cerradas seleccionadas se relacionan con el conocimiento que los habitantes de la cuenca tienen sobre el río, se pregunta si sabe dónde nace y dónde desemboca, si conocen quién se beneficia de esta fuente de agua, si utiliza el agua, si la contaminan, si se ha recibido algún tipo de sanción o por el contrario compensación como estímulo a la conservación. Entre tanto las restantes cuatro preguntas hacen referencia a la percepción que tienen los habitantes sobre la calidad de las aguas (Ver anexo 4).

A la pregunta uno, sobre si conoce dónde nace la fuente de agua, el 85% de los encuestados responden afirmativamente y señalan de manera correcta el sitio.

Con respecto a la pregunta segunda sobre si saben hacia dónde va el agua, el 100% de los encuestados conocen a dónde va el agua que pasa por sus predios.

En cuanto a la pregunta 3, sobre si saben quién se beneficia de este recurso, sólo el 20% de los entrevistados señalan que no saberlo.

El 65% de las personas encuestadas manifiestan usar el agua en alguna actividad productiva, principalmente en ganadería (pregunta 4).

Con respecto a la pregunta número 5 sobre si el agua está contaminada, el 55% identifica problemas de contaminación.

A continuación se ilustra el resultado de las preguntas dicótomas (figura 57).

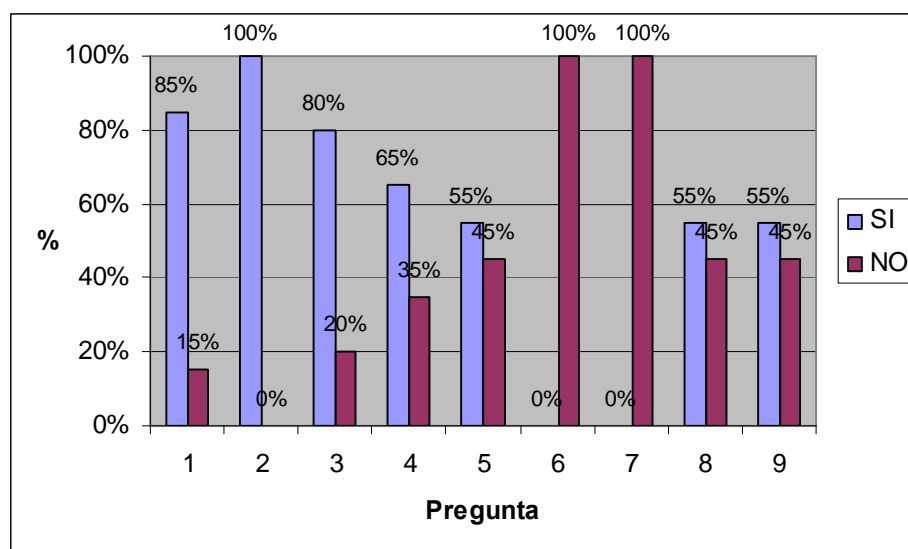


FIGURA 57. Respuestas a las preguntas dicótomas de la encuesta,
Fuente: La autora, 2007

De acuerdo con las encuestas realizadas en la zona de estudio, se puede concluir que:

El principal uso que se le da al agua en la cuenca del río Chico, según la población encuestada, corresponde a la ganadería con un 39% seguido de la pesca con un 31%. Vale resaltar la importancia que los pobladores dan al agua en términos del desarrollo de las actividades agropecuarias; ganadería, pesca y cultivos, que representan el 85% (figura 58).

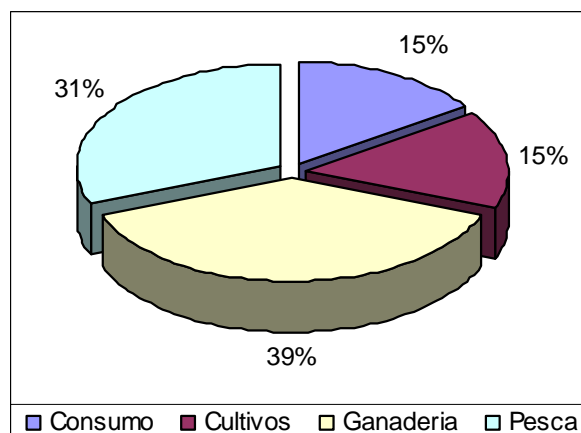


FIGURA 58. Principales usos del agua según los pobladores de la cuenca.
Fuente: La autora, 2007

Conforme señalan los encuestados, se tiene que la principal fuente de contaminación corresponde a las basuras con un 33%, seguido de animales muertos y pesticidas, cada uno con el 25% (figura 59).

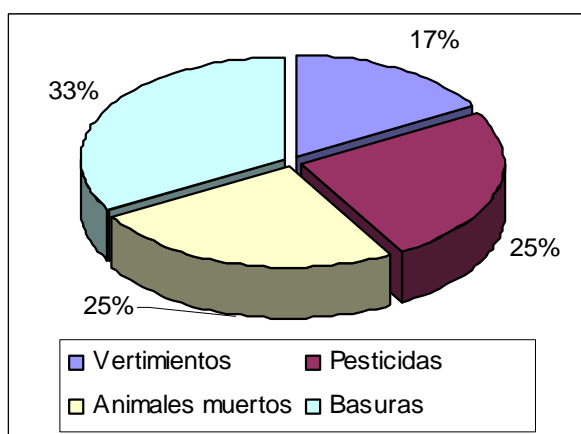


FIGURA 59. Principales contaminantes.
Fuente: La autora, 2007

Los encuestados afirman que los paperos y otros cultivadores son los causantes de la contaminación (figura 60).

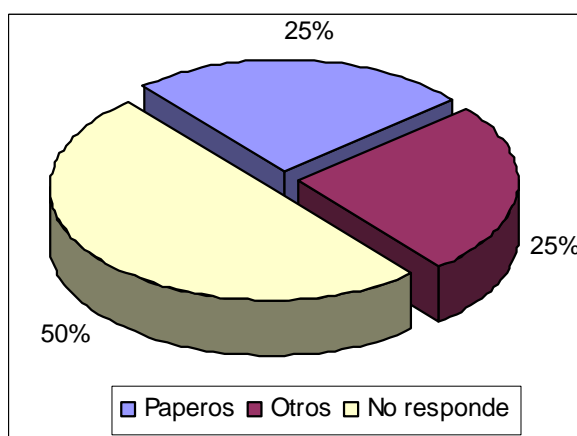


FIGURA 60. Principales actores contaminadores.
Fuente: La autora, 2007

Las principales entidades que de alguna manera han dado directrices en términos de prohibiciones de actividades contaminantes y ambientales, son CORANTIOQUIA y el municipio de Belmira (ver figura 61)

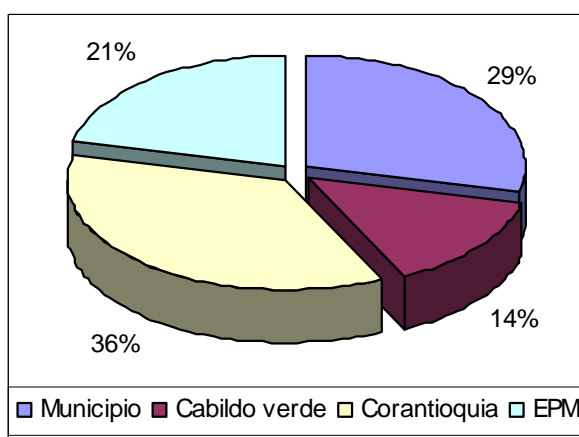


FIGURA 61. Entidades que ejercen control ambiental en el área.
Fuente: La autora, 2007

Sin embargo, y pese a que los campesinos reconocen el papel que juega la disponibilidad del recurso hídrico para el desarrollo del sector agropecuario, no se evidencia mayor preocupación por el deterioro de la calidad del agua y la conservación del medio físico hídrico.

4.5 SÍNTESIS TERRITORIAL. UNIDADES DE PAISAJE

La síntesis territorial corresponde a una lectura del territorio a través de la identificación y definición de unidades homogéneas de paisaje. La construcción de dichas unidades se hace esencialmente a partir de la integración de los usos actuales del suelo y la organización del relieve. Se utiliza la cartografía básica disponible y con el programa ArcGis versión 9,1 se elaboran los mapas en los que se detallan los diferentes criterios seleccionados (ver figura 62).

En la zona de estudio se identifican las siguientes unidades de paisaje:

- A. Bosque de roble en vertientes onduladas a planas en la parte alta de las cuencas del los ríos Grande y Chico
- B. Bosques intervenidos en la vertiente escarpada y acolinada en la parte alta de la cuenca del río Grande.
- C. Rastrojos altos, pastos y parches de bosque natural intervenido en el sistema de filos y cerros de la cuenca del río Chico
- D. Pastos en las vertientes acolinadas y onduladas a ambos lados del río Chico.
- E. Bosques plantados
- F. Pasto, rastrojo y cultivos sobre colina

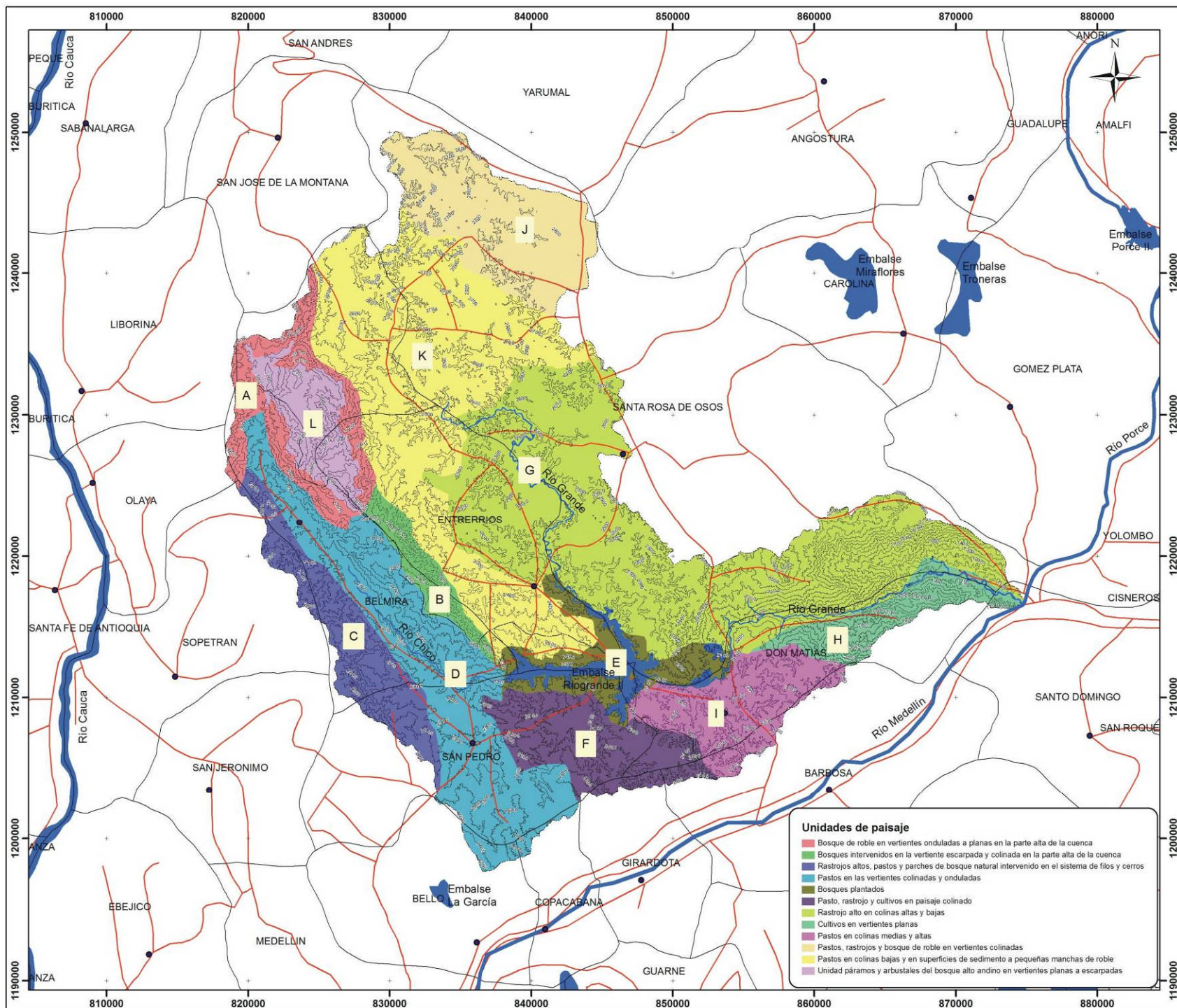


FIGURA 62. Mapa unidades de paisaje de la cuenca de Río Grande. Fuente: la autora, 2008.



- G. Rastrojo alto en colinas altas y bajas en la cuenca del río Grande
- H. Cultivos en vertientes planas del río Grande
- I. Pastos en colinas medias y altas en la cuenca del río Grande
- J. Pastos, rastrojos y bosque de roble en vertientes acolinadas en la cuenca alta del río Grande
- K. Pastos en colinas bajas y en superficies de sedimento a pequeñas manchas de roble
- L. Unidad páramos y arbustales del bosque alto andino en vertientes planas a escarpadas en la parte alta de las cuencas del los ríos Grande y Chico.

A. Bosque de roble en vertientes onduladas a planas en la parte alta de la cuencas del los ríos Grande y Chico. La unidad de paisaje ocupa un área total aproximada de 5.331,62 ha., correspondiente al 4,15% del área de estudio. Se ubica sobre un relieve de vertientes onduladas, con pendientes predominantes entre 25 y 50%, entre los 2.600 y los 3.250 msnm. Se localiza en el páramo de Santa Inés y en la vereda Labores del municipio de Belmira. Se aprecian bosques de robles *Quercus humboldtii*, en un área aproximada de 4.481,54 ha., y en menor proporción pastos manejados con 342,28 ha. sobre un relieve de vertientes onduladas (figuras 63 y 64).



FIGURA 63. Bosque de roble sobre vertientes onduladas.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 64. Fisonomía del *Quercus humboldtii*.
Fuente: La autora, 2007.

La unidad está densamente drenada, allí nacen las principales fuentes de agua (figura 65) que abastecen la cabecera del río Chico como: Quebrada Oromira, Q. San Joaquín, Q. La Veta, Q. La Serna, Q. La Ciquiarca, Q. El Amparo, Q. El Amparito, Q. La María, Q. El Granate, Q. Montañitas, Q. Mocotas, Q. el Golfo y Q. Buenaventura. Hacia la cuenca del río Grande se ubican los nacimientos de las quebradas: La Trinidad, La San Pedro, Palenque, El Peñol, Quebradona, Gómez, Las Mercedes, El Reposo, Vallenegro, De Pérez, Candelaria, Sabanas y la Cordillera.



FIGURA 65. Nacimiento fuente de agua.

Fuente: La autora, 2007.

B. Bosques intervenidos en la vertiente escarpada y acolinada en la parte alta de la cuenca del río Grande. Sobre un relieve de vertiente de escarpes y colinas, esta unidad de paisaje ocupa un área total de 2.388,964 ha., correspondiente a 1,857% del área de estudio. Predominan en

un 47,55% del total del área de la unidad, las pendientes de 25 a 50%. La cobertura vegetal la constituyen bosques intervenidos, 1.216,70 ha; bosque de roble, 114,13 ha; bosque plantado, 46,26 ha; pastos manejados, 609,71 ha.; y pastos enmalezados, 158,18 ha. (figuras 66 y 67).

Nacimiento de las quebradas La San José, La Maja y Vagoeolado de la cuenca del río Grande.



FIGURA 66. Bosques intervenidos.

Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 67. Relieve y uso del suelo.

Fuente: La autora, 2007.

C. Rastrojos altos, pastos y parches de bosque natural intervenido en el sistema de filos y cerros de la cuenca del río Chico. Sobre un sistema de filos alargados y cerros se extiende la unidad que ocupa un área de 6.620,917 ha., correspondiente a un 5,1 % del área total de estudio, con predominio de vegetación de bosque intervenido en 1.515,18 ha.; seguido de pastos manejados, 528,82 ha.; rastrojo bajo, 469,21 ha.; pastos enmalezados, 3.716,41 ha.; rastrojo alto, 194,08 ha.; bosque de roble, 153,40 ha. En menor extensión se encuentran los cultivos que ocupan un área de 49,67 ha. Predominan las pendientes entre 12 y 25% ocupando un área 2.305,92 ha., y las pendientes entre el 25 y 50% en un área de 2.243,20 ha.; le siguen las pendientes entre 0 y 12% en 27,85 ha., y en menor extensión se encuentra el resto del área en pendientes comprendidas entre 50 y 100% (figura 68).



FIGURA 68. Pastos, rastrojo y bosque.

Fuente: La autora, 2007.

D. Pastos en las vertientes acolinadas y onduladas a ambos lados del río Chico. Esta unidad ocupa 16.167,086 ha., lo que equivale al 12,6 % del área total de estudio. Se extiende sobre un relieve de colinas suavemente ondulado poco disectado, de vertientes cortas de menos de 50 m. de longitud, con perfil cóncavo-convexo a convexo y cimas redondeadas medianamente anchas; geológicamente, está conformada por rocas ígneas. Los principales procesos morfodinámicos en esta unidad corresponden a antiguas cicatrices de deslizamientos (figura 69), sobrepastoreo (patas de vaca) (figura 70) y otros procesos antrópicos se relacionan con pequeños deslizamientos (desbarrancamientos) por apertura de vías de penetración (figuras 71 y 72).



FIGURA 69. Relieve de colinas. Antiguas cicatrices de deslizamiento.

Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 70. Sobrepastoreo.

Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 71. Erosión en las márgenes de río Chico

Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 72. Deslizamientos de tierra en los taludes de la vía.

Fuente: La autora, 2007.

En la parte baja se encuentra una unidad de depósitos de origen principalmente aluvial, con aportes de sedimentos de las vertientes en el cambio de pendiente. Se caracteriza por ser plana y poco disectada. La principal corriente hídrica que atraviesa esta unidad es el río Chico; de ahí que los procesos morfodinámicos están asociados al río, como es la erosión (socavamiento de las márgenes) en algunos tramos y deposición en otros y, en general, se puede decir que es una unidad bien conservada.

El uso de toda esta zona, tanto en las colinas como en el relieve plano (unidad deposicional), está en ganadería de leche. La vegetación corresponde a pastos manejados con un área de 1.0609,52 ha (figura 73).



FIGURA 73. Pastos mejorados en relieve plano. Río Chico.

Fuente: La autora, 2007.

E. Unidad de bosques plantados. Esta unidad ocupa un área de 5992,028 ha., correspondiente al 4,65% del total del área de estudio. Se ubica sobre colinas intermedias a bajas con vertientes intermedias a cortas y rectilíneas, levemente convexas, no muy pendientes entre 0 y 12% las cuales se encuentran en el 46% del área de la unidad. Presenta cimas redondeadas y angostas, disección intermedia, cañones no muy profundos (intermedios), (figura 74), saprolitos muy espesos.



FIGURA 74. Relieve de colinas intermedias a bajas.
Fuente: La autora, 2007.

La vegetación corresponde a bosque secundario (figura 75), regeneración, rastrojo alto, y plantaciones de *Pinus patula* (figuras 76 y 77). El principal uso es protección. Los procesos morfodinámicos se asocian a la vía como son los deslizamientos de los taludes por falta de cobertura (figuras 78 y 79).



FIGURA 75. Bosque secundario.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 76. Rastrojo alto y bosque plantado (*Pinus patula*).
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 77. Bosque plantado.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 78. Deslizamiento sobre la vía.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 79. Talud desnudo a ambos lados de la vía.
Fuente: La autora, 2007.

En esta unidad se encuentra el embalse de Riogrande II, el cual sí goza de protección en sus márgenes con vegetación de bosque principalmente plantado (figuras 80 y 81).



FIGURA 80. Embalse Río grande II. Vereda Río Grande (Entrerriños).
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 81. Embalse Río grande II. Vereda Río Chico.

Fuente: La autora, 2007.

F. Unidad de pasto, rastrojo y cultivos sobre colina. Esta unidad ocupa un área de 7.214,476 ha., equivalente a 5,60% del área de estudio. Se extiende a lo largo de un relieve de colinas redondeadas, poco disectado (figura 82). La disección es hacia los drenajes de orden mayor de vertientes rectas a convexas, el 51% del área se encuentra en pendientes entre 0 y 12%. Los procesos morfodinámicos corresponden a coluviones pequeños con cicatrices de antiguos deslizamientos. Se observa formación de surcos en material removido. (figura 83). El uso de la tierra es en la ganadería 3.627,46 ha., (figuras 84 y 85) en rastrojo alto 2.032,85 ha., en rastrojo bajo 942,09 ha., en cultivos de mora, maíz, papa 334,21 ha (figuras 86 y 87). Posee en su interior parches de bosque intervenido 650,20 ha., y bosque plantado 28,45 ha. El resto del área la ocupa el embalse en 1,16 ha. Se realizan proyectos de inversión relacionados con el recurso hídrico (figura 88 y 89). En esta unidad se aprecia el denominado Peñol de Entreríos atractivo turístico de la región.

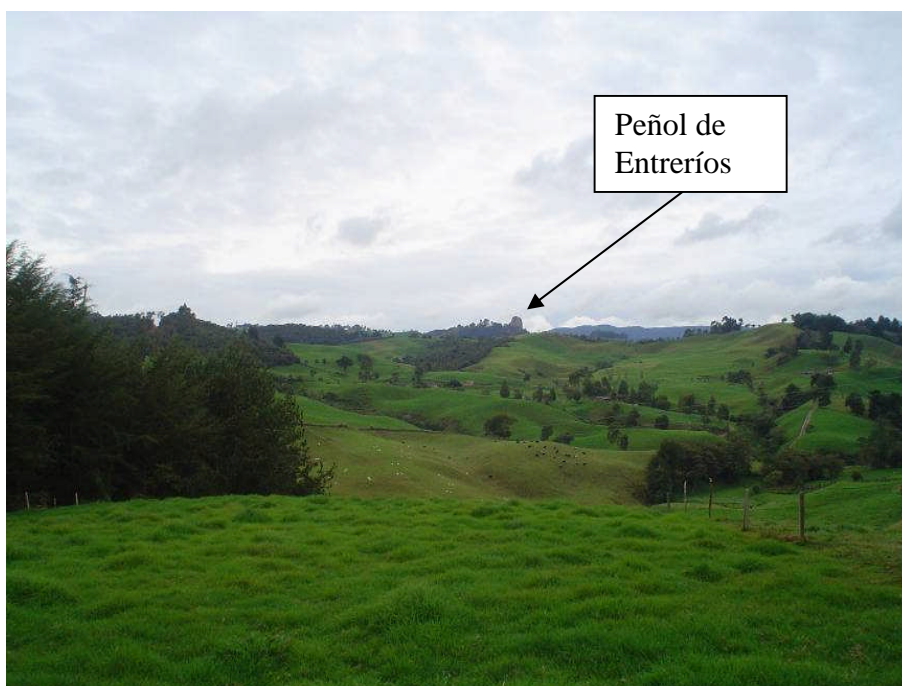


FIGURA 82. Paisaje de colinas redondeadas.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 83. Formación de surcos.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 84. Bosque plantado en matriz de pastos mejorados.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 85. Ganadería en relieve de colinas.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 86. Cultivo de maíz
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 87. Cultivo de papa.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 88. Valla publicitaria Proyecto de inversión en la Quebrada la Torura (Entrerrios).

Fuente: La autora, 2007.

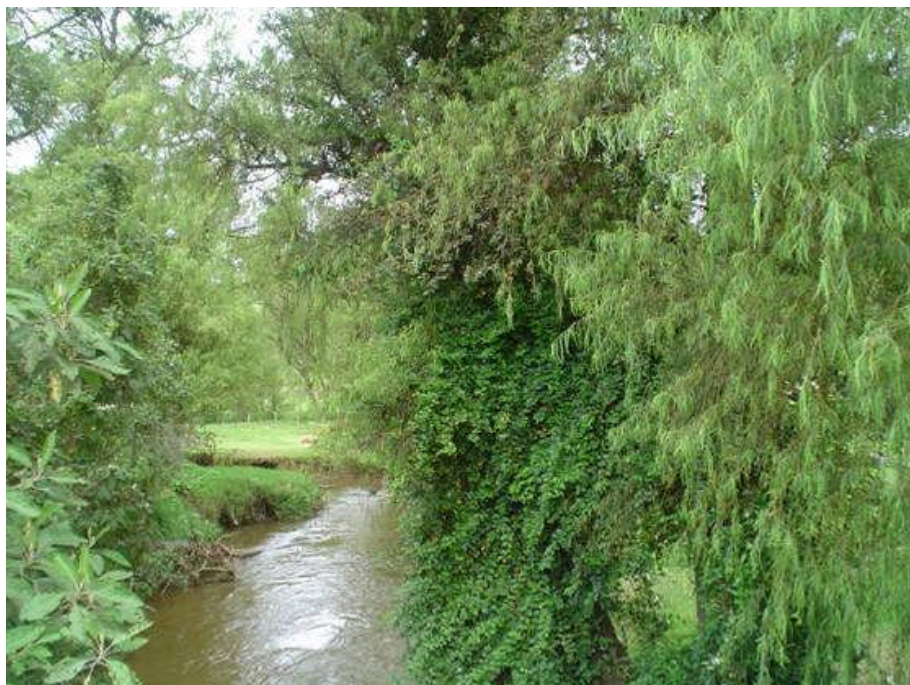


FIGURA 89. Quebrada la Torura. Municipio de Entrerrios.

Fuente: La autora, 2007.

G. Unidad de rastrojo alto en colinas altas y bajas en la cuenca del río Grande. Esta unidad ocupa un área de 7.214,476 ha, equivalente a 5,6 % del área de estudio. En un relieve de colinas altas y bajas cóncavo-convexas, moderadamente disectado. Se aprecia rastrojo alto (1.482,94 ha.), rastrojo bajo (4.519,74 ha.) y bosque bien conservado (bosque de roble 625,36 ha., bosque intervenido 622,40 ha., bosque plantado 362,66 ha.), pasto enmalezado (18328,76 ha.), pasto manejado (7.197,92 ha). Drenajes mayores con disección profunda. Predominan las pendientes entre 0 y 12%. Como procesos morfodinámicos se encuentran antiguas cicatrices de deslizamiento conformación de coluviones cubiertos con vegetación de pasto. La roca saprofita de cuarzo diorita. Hay hundimientos en la vía (figuras 90, 91, 92).



FIGURA 90. Relieve de colinas altas y colinas bajas.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 91. Rastrojo a ambos lado del río Grande.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 92. Hundimiento de la vía
Fuente: La autora, 2007.

H. Pastos manejados, rastrojos y cultivos en vertientes acolinadas a escarpadas en la cuenca río Grande. Esta unidad ocupa un área de 4.243,921 ha., lo que equivale a 3,299% del área de estudio. Sobre las vertientes colinadas a escarpadas en la cuenca del río Grande con predominio de pendientes entre el 25 y el 50%, en un relieve muy disectado, de vertientes cortas de perfil convexas y cimas redondeadas, ubicados geológicamente en el saprofito del batolito antioqueño color naranja. Se aprecian principalmente pastos manejados 3.050,41 ha., seguidos por rastrojos bajos 628,32 ha., y cultivos 304,90 ha. (figura 93).



FIGURA 93. Vertientes colinadas a escarpadas
Fuente: La autora, 2007.

Dentro de los procesos morfodinámicos se observan “patas de vaca” (terraceretas por sobrepastoreo), desgarrres superficiales, depósitos asociados procesos de pequeños y antiguos deslizamientos en las vertientes (figura 94).



FIGURA 94. Relieve muy disectado. “Patas de vaca” y desgarrres superficiales.
Fuente: La autora, 2007.

I. Unidad de pastos en colinas medias y altas en la cuenca del río Grande. Esta unidad tiene una extensión de 6.760,686 ha., lo que equivale al 5,3 % de área de estudio. Se ubica sobre un relieve de colinas medias y altas poco disectado (figura 95). Las pendientes que predominan están entre 0 y 12% ocupando un área de 2551,84 ha., y 12 25% en un área de 2565,12 ha.

El uso principal corresponde a la ganadería, por lo que se evidencia sobrepastoreo (figura 96). Presenta cicatrices de deslizamiento (figura 97). La cobertura vegetal corresponde principalmente a pastos manejados que se extienden en un área de 5215,35 ha., seguido de rastrojo bajo en un área de 633,59 ha., y rastrojo alto en un área de 601,43 ha.



FIGURA 95. Colina media. Pastos.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 96. Ganadería en colinas altas. Relieve poco disectado.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 97. Cicatriz de deslizamiento.

Fuente: La autora, 2007.

J. Pastos, rastrojos y bosque de roble en vertientes acolinadas en la cuenca alta del río Grande. Esta unidad ocupa un área de 10.490,466 ha., equivalentes a un 8,2 % del total del área de estudio. En un relieve de vertientes colinadas, disectado con pendientes entre 0 y 12% (figura 98). Se ubican pastos manejados en un área de 5.878,36 ha., pastos enmalezados en 2.759,64 ha., rastrojo en 768,80 ha, bosque de roble en 768,55 ha. (figuras 99 y 100). El resto del área la ocupan los bosques intervenidos, los bosques plantados y los cultivos. En esta zona la ganadería es la principal actividad productiva.



FIGURA 98. Aspecto general de la unidad. (Vertiente colinada).
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 99. Uso del suelo. Ganadería y bosque.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 100. Rastrojo y pasto.
Fuente: La autora, 2007.

K. Pastos en colinas bajas y en superficies de sedimento y pequeñas manchas de roble. Con 26.021,432 ha. correspondiente al 20,228% del total un área de estudio, esta unidad la conforman colinas bajas sobre las que se establecen principalmente pastos ocupando un área de 21.121,92 ha. y bosque de roble en 2.768,95 ha. y pastos enmalezados en 1.038,05 ha. En el resto del área la vegetación la componen en menor proporción el rastrojo bajo, el rastrojo alto, el bosque intervenido y el bosque plantado (figura 101).



FIGURA 101. Pastos superficies bajas. Robles en colina.
Fuente: La autora, 2007.

L. Unidad páramos y arbustales del bosque alto andino en vertientes planas a escarpadas en la parte alta de las cuencas del los ríos Grande y Chico. Su extensión de 4.166,994 ha., correspondiente al 3,2 %, esta unidad está constituida principalmente sobre un relieve de vertientes onduladas en las partes altas de las cordilleras, pendientes entre 25 y 50% rectas y convexas o cóncavas largas y cortas, pequeños valles, ubicada entre los 2.900 y los 3.350 msnm. (figura 102).



FIGURA 102. Relieve de vertientes onduladas en las partes altas de las cordilleras.

Fuente: La autora, 2007.

Entre los 2.800 y los 3.000 msnm., se extiende una franja continua donde recaen los mayores intereses de conservación. La vegetación de páramo (figura 103) ocupa 1.728,78 ha, vegetación tipo arbustivo, 1.488,65 ha., los bosques de roble (*Quercus humboldtii*), 835,69 ha., y en menor escala la vegetación herbácea (figura 104) correspondiente pasto enmalezado 84,68 ha., y rastrojo bajo 29,07 ha. (figuras 105 y 106). Esta unidad presenta una tendencia a la expansión en el costado occidental disminuyendo hacia el norte donde se ve intervenida, evidenciándose actividades antrópicas anteriores, ahora suspendidas.



FIGURA 103. Vegetación del páramo. Frailejones (*Speletia* sp.) y arbustos.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 104. Vegetación herbácea.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 105. Pastizales.
Fuente: La autora, 2007.



FIGURA 106. Vegetación tipo arbustivo.
Fuente: La autora, 2007.

En el interior de esta unidad de paisaje se localiza la ciénaga El Morro, que es el nacimiento de innumerables fuentes de agua (figura 107).



FIGURA 107. Ciénaga el Morro.
Fuente: La autora, 2007.

4.6 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO GRANDE PARA EL ABASTECIMIENTO METROPOLITANO

Como ha sido descrito, el agua que abastece el acueducto metropolitano proviene de varios embalses. Para este estudio nos centramos en el embalse Riogrande II por ser un embalse multipropósito, el de mayor capacidad de almacenamiento y el último construido y proyectado a futuro (hasta el 2020), razón por la cual se toma la cuenca del Río Grande como área de estudio, teniendo en cuenta además que la cuenca hidrográfica se define como la unidad de gestión.

La cuenca tiene su propia identidad natural que la caracteriza y diferencia de las demás. Su topografía, suelos, red de drenaje y ecosistemas asociados se encuentran interrelacionados, lo que hace imprescindible un tratamiento integral del sistema. En este ámbito espacial intervienen todos los procesos de los cuales depende el recurso hídrico por lo que se reconoce como entidad geográfica para la gestión.

A continuación se presenta la metodología desarrollada para la estimación de los parámetros requeridos y posterior análisis de la disponibilidad del recurso hídrico.

4.6.1 Estimación de parámetros para el balance hidrológico

La configuración de las características físicas de la cuenca son elementos de gran importancia para entender el comportamiento hidrológico de la misma. Existe una estrecha correspondencia entre el régimen hidrológico y estos elementos, por lo que el conocimiento es de gran utilidad práctica. Asociados a la definición de cuenca hidrográfica están los parámetros morfométricos relativos a la cuenca: el área, el perímetro, la longitud y el ancho. Así como la longitud al punto más alejado de la cuenca, la longitud al centroide de la cuenca, la longitud del canal principal, las cotas mayor y menor de la cuenca y del cauce principal, la pendiente de la cuenca y del cauce principal, entre otros. A continuación se describen algunos de los parámetros de interés:

- **Área de la cuenca.** Corresponde a la medida de superficie de la cuenca, encerrada por la divisoria de aguas. Es una característica morfométrica fundamental para determinar el comportamiento de los fenómenos naturales. Afecta a las crecidas, al flujo mínimo y a la corriente media en diferentes modos.
- **Perímetro.** Es la medición de la línea envolvente del área.
- **Longitud.** Es la distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca.
- **Pendiente.** Se obtiene relacionando las diferentes alturas por donde pasa el río con las distancias recorridas en metros. Para efectos de la pendiente se tiene en cuenta la longitud del cauce principal. En la práctica, en los trabajos de cuencas, se utiliza siempre la pendiente media.
- **Orden de Horton.** Es la relación del número total de ríos de un cierto orden a la de los ríos de orden inmediatamente superior.
- **Caudal.** Es el volumen de agua que cruza una superficie durante una unidad de tiempo. Para efectos prácticos se considera el caudal medio.
- **Caudal ecológico de la corriente principal.** Corresponde al caudal mínimo que permite la supervivencia de los organismos que habitan en condiciones normales en el ecosistema hídrico. El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia) propone para su cálculo un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual mínimo estimado de la corriente en estudio.
- **Caudal máximo de reparto.** Hace referencia al caudal máximo que puede ser otorgado, garantizando la sostenibilidad ambiental de la cuenca.

- **Evapotranspiración.** Es el proceso combinado de la evaporación y la transpiración, por el cual el agua del suelo se evapora. La evapotranspiración es alta cuando el nivel freático se halla cerca de la superficie del suelo. Cuando las raíces de las plantas consiguen llegar hasta la capa freática, encuentran un abastecimiento sin límite de agua y, por lo tanto, se pierden cantidades exageradas en la transpiración. Para efectos prácticos se utiliza el concepto de evapotranspiración potencial que es la que ocurre en un lugar dado con un abastecimiento adecuado de agua permanente. En cultivos agrícolas que necesitan riegos permanentes se utiliza dentro de los cálculos de la cantidad de agua necesaria o adicional para las plantas.

En la tabla siguiente se presentan los parámetros geomorfométricos estimados para las cuencas del río Grande y río Chico

TABLA 26. Parámetros geomorfológicos de la cuenca de los ríos Grande y Chico.

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	RÍO GRANDE	RÍO CHICO
Área de la cuenca	1.026,59 km ²	201,77 km ²
Perímetro	142,86 km	55,66 km
Orden de Horton	5	4
Magnitud	621	117
Longitud Total	1.227,74 km	235,41 km
Longitud del canal principal	87,7 km	32,18 km
Cota máxima en la cuenca	3.707 m	3.307 m
Cota en la salida	1.443 m	2.484 m
Distancia al centroide	42,16 km	12,5 km
Pendiente media	7,70%	6,91%

Como se mencionó en el capítulo 2, el río Chico es el principal afluente del río Grande; a efectos de comparación se presentan los parámetros geomorfológicos y las características de las cuencas en forma independiente. Dichas características de las cuencas río Grande y río Chico se estimaron por medio del software *Hidrosig* 3.1. Este software fue desarrollado por un grupo interdisciplinario de los postgrados en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos y Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, con el apoyo de especialistas en el área de geología. El *Hidrosig* es un paquete que modela algunas variables hidrometeorológicas, genera cuencas y con la unión de algoritmos estima un balance hidrológico a largo plazo.

El programa está basado en el análisis de la matriz de direcciones, la cual se crea con base en la información contenida en el modelo digital de terreno, utilizando el algoritmo de flujo en la dirección de la máxima pendiente. Este algoritmo asigna a cada pixel del mapa digital una dirección de drenaje como se ilustra en la figura 108. La dirección en la que fluye el agua, desde cualquier pixel, se marca con un identificador 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 partiendo de la dirección Noreste y continuando en el sentido de las manecillas del reloj hasta completar el ciclo de direcciones.

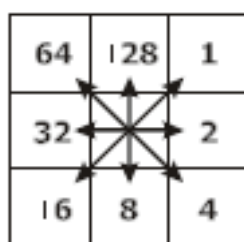


FIGURA 108. Indicadores de la matriz de direcciones.

En la tabla 27 se presentan los caudales medios encontrados por el sistema planteado anteriormente. En el anexo 5 se muestran los resultados del cálculo de los caudales.

TABLA 27. Estimaciones del caudal medio de cada cuenca.

Balance Hidrológico Río Grande	
Precipitación	2.422,74 mm
Evaporación	979,88 mm
Lámina estimada	1.442,85 mm
Caudal medio	46.97 m ³ /s

Balance Hidrológico Río Chico	
Precipitación	1.965,97 mm
Evaporación	1.006.62 mm
Lámina estimada	959,35 mm
Caudal medio	6,14 m ³ /seg

En la figura 109 se presenta el caudal multianual de la cuenca de Río Grande - Río Chico obtenido a partir de la modelación realizada con el software *Hidrosig*.

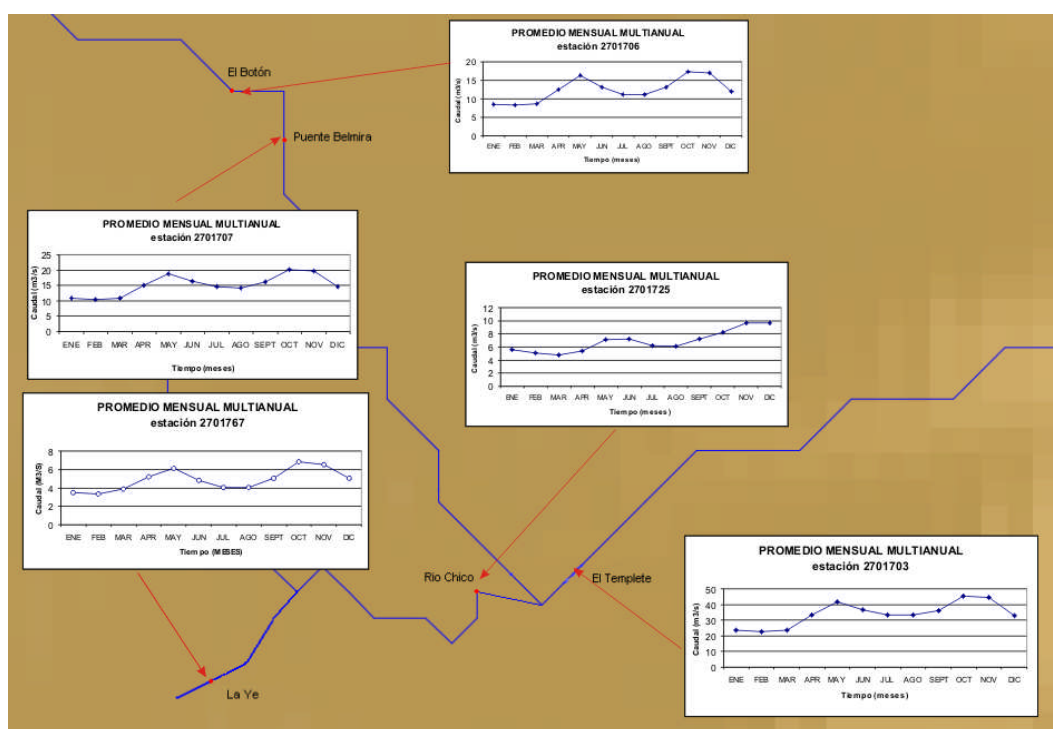


FIGURA 109. Caudal multianual por estación estimado por el software *Hidrosig*.
Fuente: La autora, 2007.

Es importante resaltar que este caudal medio varía según la dinámica climática local de la zona, a parte de los fenómenos de gran escala a los que está sometida, como el paso de la zona de Convergencia Intertropical y el fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation), que son de escala interanual.

4.6.2 Proceso metodológico para el cálculo de parámetros hidrológicos por unidad de paisaje

La síntesis territorial presentada en el epígrafe 4.5 se hace a partir de la identificación de unidades de paisaje, las cuales fueron demarcadas con la metodología que se describe a continuación desarrollando a partir de estas la propuesta de investigación.

4.6.2.1 Unidades de paisaje

Inicialmente se realiza la identificación del área de estudio, delimitando el perímetro siguiendo la divisoria de aguas previamente demarcada en la cartografía en formato análogo. Con base en los criterios mínimos para ajustarse a la digitalización de la información cartográfica, se procede al proceso de vectorización de la cuenca, es decir, dibujar de manera digital la información. Cabe anotar que la cartografía básica en formato digital (shp) fue suministrada por CORANTIOQUIA; esta incluye entre otras: curvas de nivel, drenajes sencillos y dobles, cabeceras municipales, caminos. Adicionalmente se han utilizado los mapas en formato digital desarrollados en los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas del río Grande y del río Chico. (Figura 110).

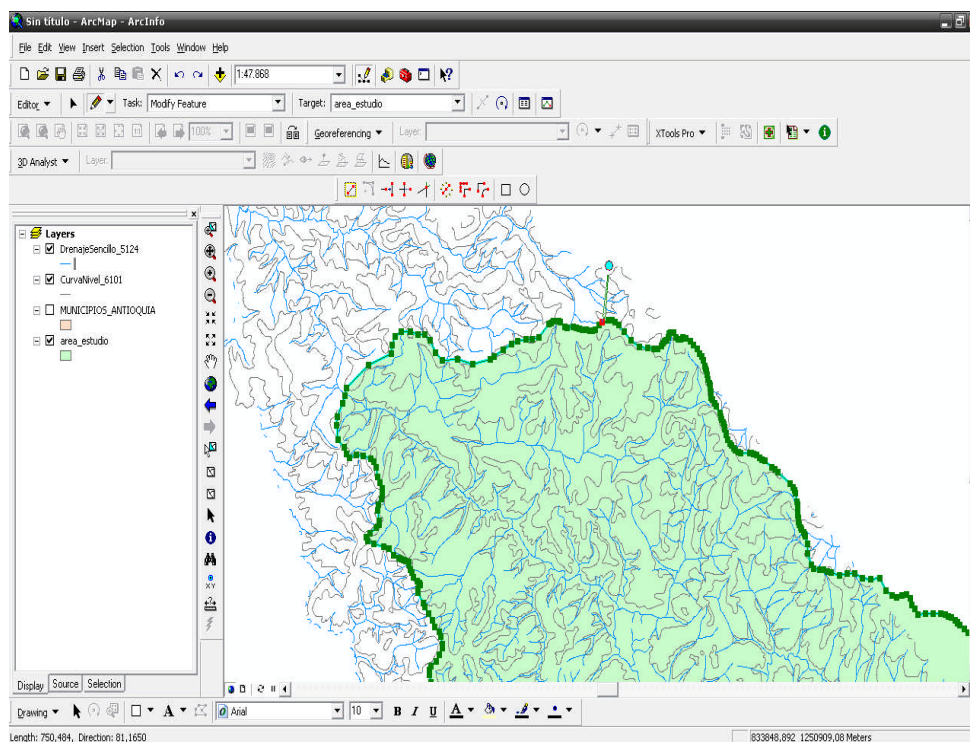


FIGURA 110. Ilustración del proceso de vectorización.

Fuente: La autora, 2008

Con las herramientas del ArcToolbox – Overlay se le superponen al área ya delimitada la capa con características geomorfológicas, y a su vez las capas usos del suelo y pendientes; a partir de aquí, se identifican y se delimitan unidades homogéneas que darán origen a las unidades de paisaje. Dichas unidades de paisaje se nombran con criterios alusivos a las coberturas vegetales, geomorfología y pendientes. En la figura 111 se ilustra el procedimiento descrito.

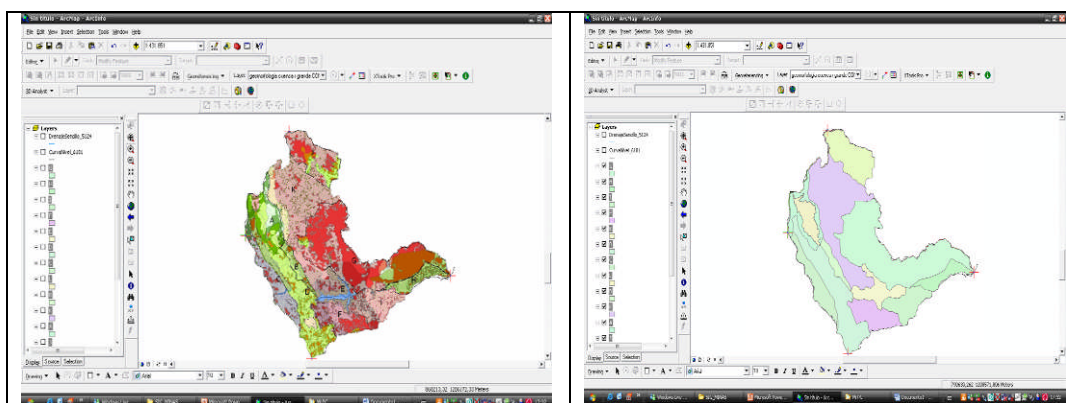


FIGURA 111. Ilustración de la delimitación de unidades de paisaje.

Fuente: La autora, 2008

Se construye una base de datos conformada por tablas dinámicas para cada unidad de paisaje, en las que se encuentran: el área, perímetro, uso actual, uso potencial, pendientes. Se tuvo como criterio de cada unidad de paisaje el atributo más representativo en porcentaje de área de cada una de las capas que la conforman (anexo 6). Por ejemplo: la unidad de paisaje “A” se denomina “Bosque de roble en pendientes onduladas a planas en la parte alta de las cuencas de los ríos Grande y río Chico”; ya que el mayor porcentaje de área en el uso actual corresponde a bosque de roble con un valor del 84% del área total de la unidad. Se ubica principalmente en pendientes entre el 25% – 50% y sobre vertientes onduladas a planas en la parte alta de las cuencas (Tabla 28).

TABLA 28. Ejemplo información de tabla dinámica.

Unidad de paisaje	Área		Perímetro	Uso actual		Uso potencial		Pendiente	
	Ha	%		Tipo*	%	Tipo**	%	%	% área
A	5,331.6	4,14	104.72	Br	84.1	P	85.0	25 – 50	49.9
B	2,389.0	1,86	33.91	Bi	50.9	P-P	75.6	25 – 50	47.5
C	6,620.9	5,15	61.04	Pm	56.1	P-P	56.8	12 – 25	34.8
D	16,167.1	12,57	95.34	Pm	65.6	P-P	48.3	0 – 12	52.7
E	5,992.0	4,66	59.47	Bp	45.0	P-P	47.8	0 – 12	46.5
F	7,214.5	5,61	45.81	Pm	47.6	P-P	59.5	0 – 12	51.4

Unidad de paisaje	Área		Perímetro Km	Uso actual		Uso potencial		Pendiente	
	Ha	%		Tipo*	%	Tipo**	%	%	% área
G	33,241.5	25,84	133.18	Pe	55.1	P-P	45.1	0 – 12	45.5
H	4,243.9	3,30	45.29	Pm	71.9	Pa	69.7	25 – 50	49.1
I	6,760.7	5,26	43.11	Pm	76.7	Pa	74.0	12 – 25	37.9
J	10,490.5	8,15	50.61	Pm	56.0	Pa	45.4	0 – 12	78.8
K	26,021.4	20,23	118.65	Pm	81.1	Pa	71.5	0 – 12	56.9
L	4,167.0	3,24	43.82	Vp	41.5	P	95.6	25 – 50	38.7

* Br: Bosque de roble, Bi: Bosque intervenido, Pm: Pasto manejado, Bp: Bosque plantado, Pe: Pasto enmalezado y Vp: Vegetación de Páramo.

** P: Protección, P-P: Protección - Producción y Pa: Producción agropecuaria.

En el anexo 6 se presentan las tablas con la información de todas las unidades de paisaje.

4.6.2.2 Cálculo de parámetros hidrológicos

En cada unidad de paisaje se estimaron las variables necesarias para realizar el cálculo del caudal disponible a fin de saber la oferta hídrica por cada unidad.

Se partió de la ecuación universal:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Precipitación (P)} - \text{Evapotranspiración (ETP)}.$$

Precipitación. Los cálculos de precipitación se hicieron con base en el raster "PPT" generado por Centro Nacional de Investigaciones en Café CENICAFE y suministrado por CORANTIOQUIA, que fue creado a partir de datos de todas las estaciones meteorológicas ubicadas en el departamento de Antioquia; al cual se le aplicó el procedimiento Clip de las herramientas Arctoolbox del programa ArcGis 9.1 con la capa del área de estudio. (Figura 112).

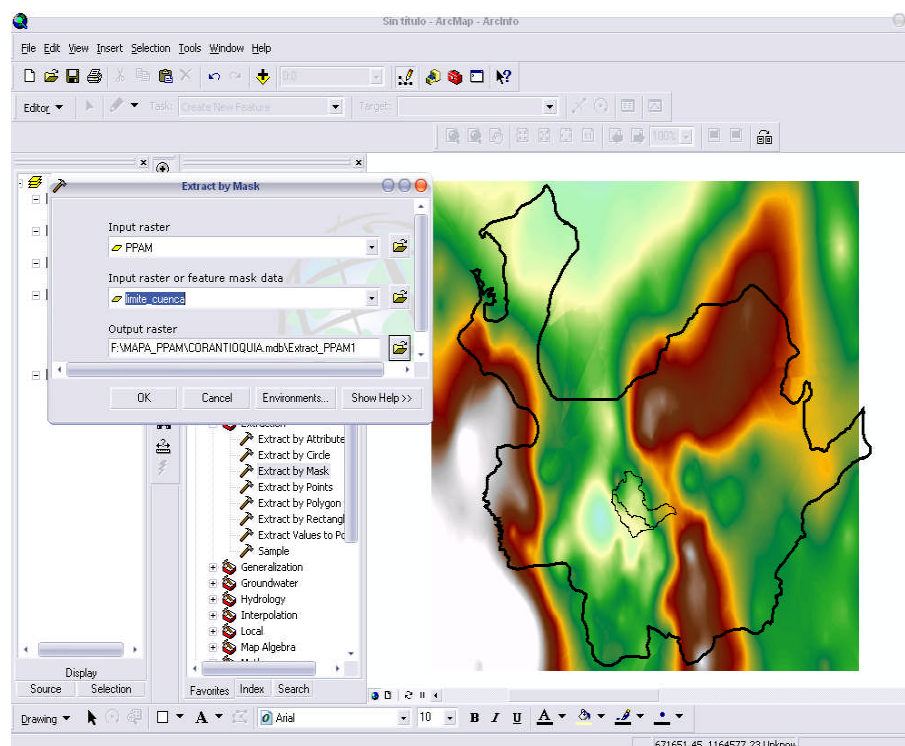


FIGURA 112. Ilustración de cálculo a partir del raster de precipitación.

Fuente: La autora, 2008

Evapotranspiración. Se calculó mediante la fórmula de Turc, establecida empíricamente comparando las precipitaciones y la temperatura de numerosas cuencas en el mundo (Figura 113).

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mm/año

P: Precipitación en mm/año

L: $300 + 25t + 0,05t^3$

t: Temperatura media anual en °C.

Temperatura. En Colombia, para el cálculo de la temperatura promedio de la atmósfera, Barco y Cuartas (1998), hicieron un completo estudio con base en los registros de 41 estaciones climatológicas del IDEAM, hallando la siguiente expresión:

$$T(^{\circ}C) = 28,3079 - 0,0056517h$$

Donde:

T: Temperatura promedio diaria anual en $^{\circ}C$

H: Altura sobre el nivel del mar en m.

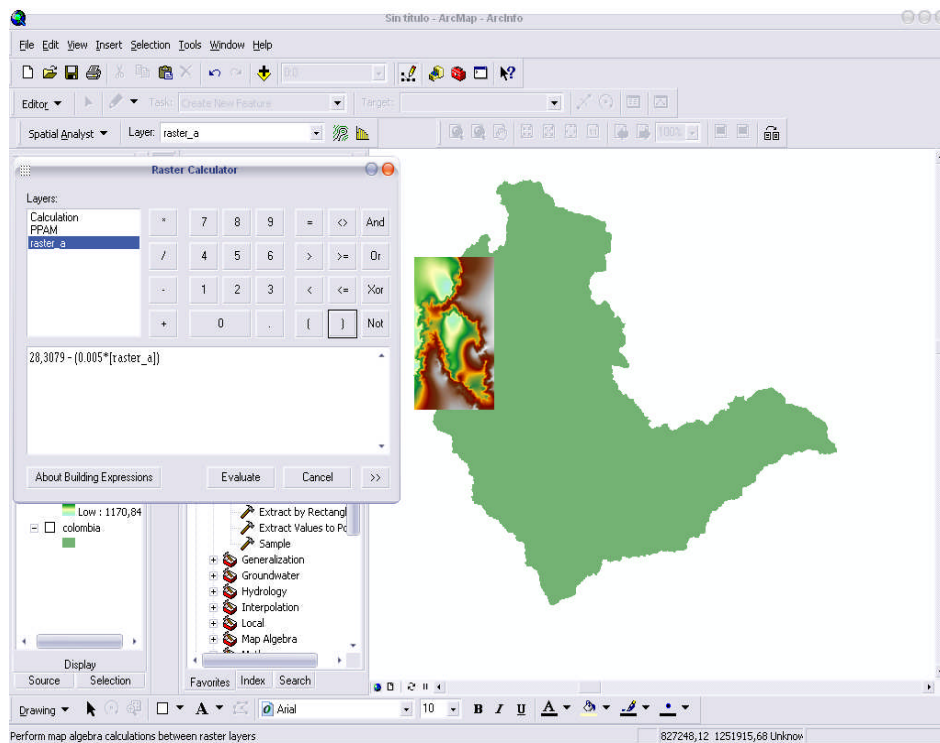


FIGURA 113. Ilustración de cálculo de evapotranspiración en una unidad de paisaje.

Fuente: La autora, 2008

Caudal (Q). Por medio de la calculadora de raster, herramienta Spatial Analysis, ArcGis 9.1, se realizó una resta de los raster de precipitación y evapotranspiración, conforme a la ecuación universal descrita anteriormente.

Caudal ecológico (Q_e). Se tomó el raster del caudal medio, anual, multianual mínimo y se realizó una resta del 25% del caudal estimado (Q) por medio de la calculadora raster, herramienta Spatial Analyst, ArcGis 9.1. (Ver figura 114).

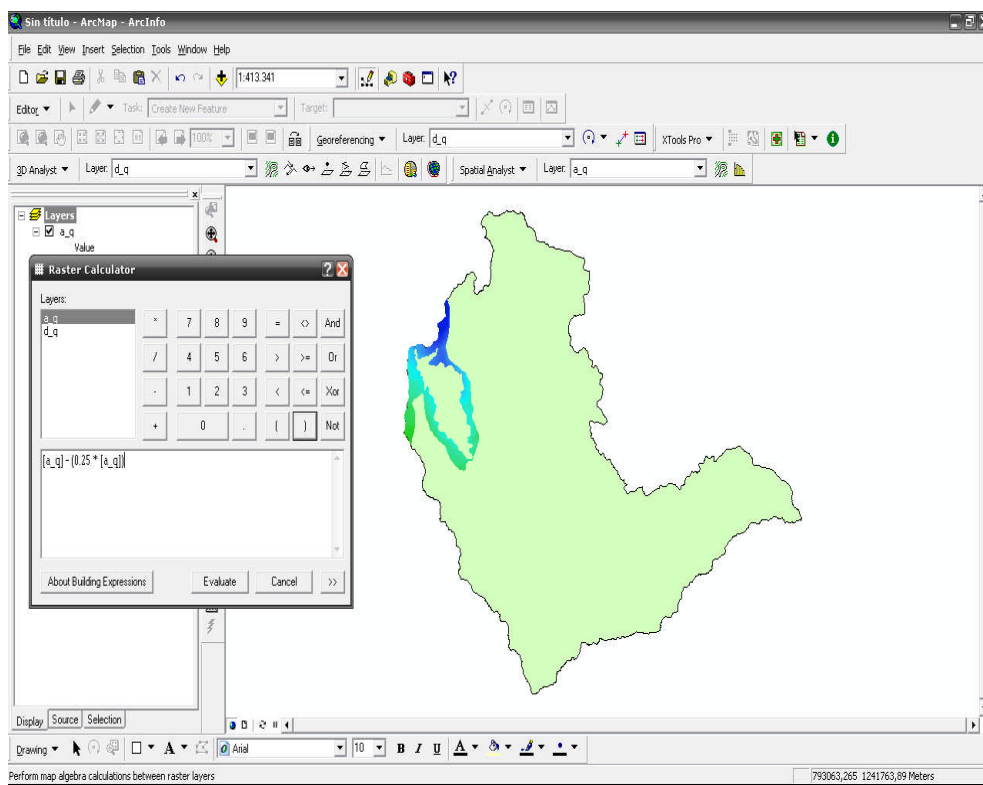


FIGURA 114. Ilustración de cálculo del caudal ecológico.

Fuente: La autora, 2008

Cálculo del caudal disponible. Corresponde al caudal Q menos el caudal ecológico Q_e .

Los parámetros y variables utilizados para estos cálculos y los correspondientes resultados se presentan en el anexo 7.

4.6.3 Resultados. Caudal máximo de reparto

A continuación se presenta en la tabla 29 el resumen con las variables calculadas según se indicó en el numeral anterior, obteniéndose la oferta hídrica y el caudal disponible a partir de la oferta natural.

TABLA 29. Caudal máximo de reparto por unidad de paisaje.

UNIDAD PAISAJE	TEMP °C	PPAM mm./año	ETP mm./año	Q (m ³ /día) Prom. salida cuenca
A	13	1.874	732,150	170.232,695
B	15	1.867	764,095	72.916,920
C	15	1.749	760,413	182.055,099
D	14	1.717	759,241	434.598,568
E	16	1.861	883,712	166.775,661
F	15	1.823	807,231	204.832,127
G	22	1.910	1.307,054	687.653,797
H	22	2.647	1.322,734	159.850,870
I	17	1.940	898,127	200.877,108
J	13	2.067	723,847	390.207,038
K	15	1.878	820,271	776.631,276
L	13,11	2.077	711,382	157.008,147

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORANTIOQUIA, 2006; con datos de todas las estaciones meteorológicas ubicadas en Antioquia.

Para gestionar se hace imprescindible tener en cuenta las situaciones más limitantes. Por lo tanto para saber realmente la cantidad de agua disponible para la planificación se tomaron las condiciones extremas; éstas se presentarían en el momento en que sean críticos los valores de los parámetros calculados. Por ello se tomaron la temperatura máxima, la precipitación mínima, la evapotranspiración máxima, dando como resultado el caudal máximo de reparto.

4.7 DEMANDA DE AGUA

Los ríos Grande y Chico abastecen tanto a la población asentada en sus cuencas como al embalse Riógrande II, de donde se suministra agua al área metropolitana del valle de Aburrá, como se ha mencionado anteriormente. A continuación se calcula dicho consumo para obtener una estimación de la demanda real del recurso hídrico de la zona.

4.7.1 Consumo de agua en el área de la cuenca

Con base en la cartografía disponible de los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas río Grande y río Chico de 2005, se obtuvo el número de viviendas por unidad de paisaje. A partir de la población registrada en el censo para el año 2005, se calculó la densidad de cada municipio considerando su extensión y el número de habitantes. Dicha densidad estimada se aplicó sobre la cantidad de viviendas ubicadas en cada unidad de paisaje dentro del área de estudio para obtener el número de habitantes y así estimar el consumo total de agua, teniendo en cuenta una demanda de 200 litros diarios por persona. En la tabla 30 se presentan los resultados.

TABLA 30. Consumo poblacional de agua por unidad de paisaje, cuencas de los ríos Grande y Chico.

U. Paisaje	MUNICIPIO	Hectáreas en la cuenca	Nº Viviendas	consumo m ³ /día
A	BELMIRA	4.736,41	10	14,34
	ENTRERRÍOS	595,22	4	10,28
B	ENTRERRÍOS	2.388,96	66	169,55
C	BELMIRA	4.397,72	132	189,31
	SAN P MILAGROS	2.223,20	92	300,10
D	BELMIRA	7.172,25	373	534,96
	SAN P MILAGROS	8.994,84	498	1.624,48
E	DON MATÍAS	1.759,84	78	267,93

U. Paisaje	MUNICIPIO	Hectáreas en la cuenca	Nº Viviendas	consumo m ³ /día
	ENTRERRÍOS	2.278,70	122	313,42
	SAN P MILAGROS	1.580,49	64	208,77
	SANTA R DE OSOS	373,00	24	49,98
F	DON MATÍAS	2.568,98	97	333,20
	SAN P MILAGROS	4.645,50	183	596,95
G	DON MATÍAS	1.532,64	81	278,24
	ENTRERRÍOS	6.728,26	145	372,51
	SANTA R DE OSOS	24.980,65	862	1795,03
H	DON MATÍAS	3.780,11	166	570,21
	SANTA R DE OSOS	463,81	7	14,58
I	DON MATÍAS	6.760,69	457	1.569,80
J	SANTA R DE OSOS	10.490,47	206	428,97
K	BELMIRA	7.157,01	295	423,09
	ENTRERRÍOS	8.728,65	315	809,24
	SANTA R DE OSOS	10.135,78	351	730,92
L	BELMIRA	3.482,39	18	25,82
	ENTRERRÍOS	684,60	4	10,28

Fuente: Elaboración propia a partir de CORANTIOQUIA, 2005.

Otro factor de demanda hídrica es el consumo del sector ganadero. Según el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario (Secretaria de Agricultura del Departamento de Antioquia, 2005) (anexo 8), se estableció un promedio de 2 cabezas de ganado por hectárea y un consumo de 200 l/cab/día. Este procedimiento se realizó para cada unidad de paisaje; los resultados se muestran en la tabla 31.

TABLA 31. Consumo de agua del sector ganadero.

U. Paisaje	MUNICIPIO	Área Pasto Ha	Consumo Bovinos m ³ /día
A	BELMIRA ENTRERRÍOS	476,349	190,540
B	ENTRERRÍOS	767,885	307,154
C	BELMIRA SAN P MILAGROS	4.245,227	1.698,091
D	BELMIRA SAN P MILAGROS	10.873,051	4.349,221

U. Paisaje	MUNICIPIO	Área Pasto Ha	Consumo Bovinos m ³ /día
E	DON MATÍAS ENTRERRÍOS SAN P MILAGROS SANTA R DE OSOS	1.343,397	537,359
F	DON MATÍAS SAN P MILAGROS	3.627,459	1.450,984
G	DON MATÍAS ENTRERRÍOS SANTA R DE OSOS	25.526,680	10.210,672
H	DON MATÍAS SANTA R DE OSOS	3.127,504	1.251,002
I	DON MATÍAS	5.222,792	2.089,117
J	SANTA R DE OSOS	8.638,007	3.455,203
K	BELMIRA ENTRERRÍOS SANTA R DE OSOS	22.159,969	8.863,987
L	BELMIRA ENTRERRÍOS	84,684	33,874

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por Secretaría de Agricultura, 2005.

4.7.2 Consumos en el área metropolitana

Con base en la información disponible para el año 2005, el área metropolitana del Valle de Aburrá contaba con una población urbana de 3.136.653 habitantes, de la cual el 38% (1.284.499) se abasteció del embalse Riógrande II, de acuerdo con el reporte suministrado por el Sistema Único de Información del Servicio Público SUI de la República de Colombia (República de Colombia, 2008) para este mismo año, el consumo de agua potable facturado por Empresas Publicas de Medellín, en los sectores residencial, industrial, comercial y otros fue de 184.466.662 m³, para un consumo de 505.388,11 m³/día. De donde 75.541.132,71 m³ son suministrados por dicho embalse (anexo 9).

El balance de agua es igual a caudal de reparto menos consumos en la cuenca, menos consumos en el área metropolitana, como se muestra esquemáticamente en la figura 115:

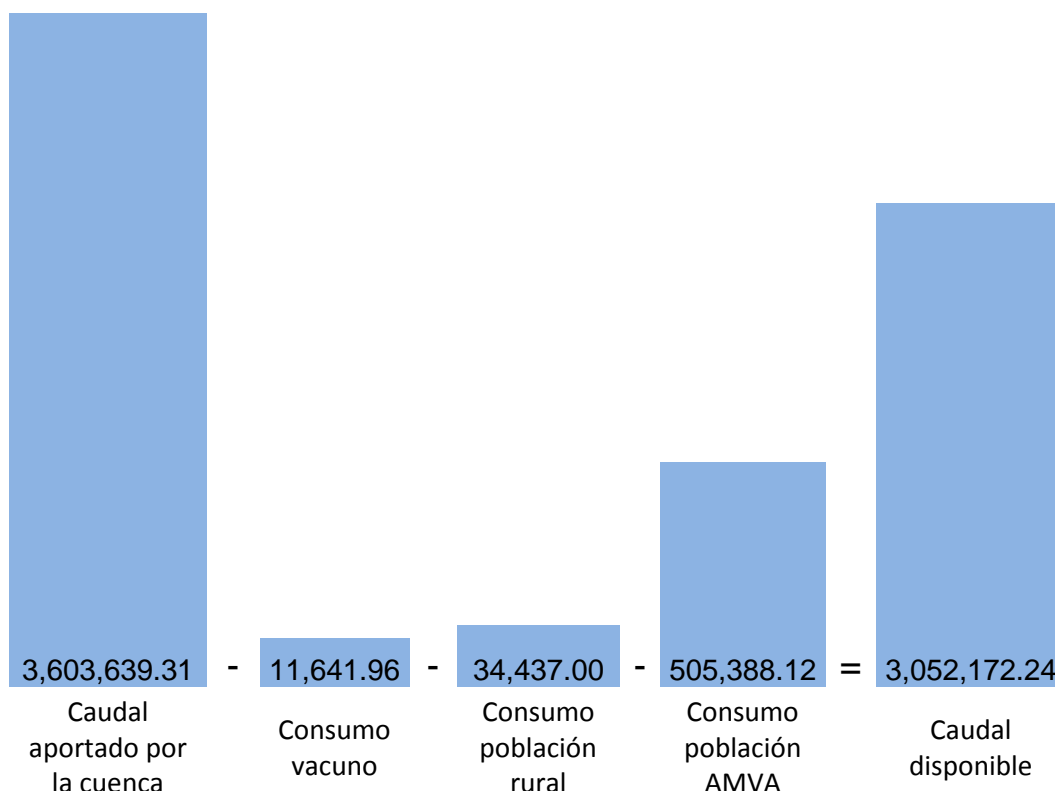


FIGURA 115. Esquema del balance de agua de la cuenca de Río Grande (m³/día).

Fuente: Elaboración propia a partir del SUI, 2008.

Con estos consumos se tiene entonces un caudal suficiente para satisfacer las demandas y quedan aún 35,32 m³/s disponibles que son usados en la generación de energía y que vuelven a la cuenca. Sin embargo, el deterioro de las fuentes de agua va cobrando importancia dado el uso intensivo del suelo en actividades agrícolas y ganaderas que inciden en el deterioro del medio físico hídrico y en la calidad del agua. Situación que afecta, sin lugar a dudas, a los pobladores de la región y a

los usuarios del área metropolitana que deberán asumir los costos de la descontaminación del recurso hídrico y los consecuentes problemas ambientales, económicos y de salud que ello genere. Los costos de los tratamientos de las aguas para abastecimiento de la población inciden en las tarifas, lo que conlleva la desconexión de los usuarios por dificultades en el pago, variable que deberá ser analizada en el momento de la gestión, pues el Estado debe garantizar a toda la población el acceso al agua. En este orden de ideas se pretende actuar a tiempo a través de mecanismos que propicien la conservación de estos espacios proveedores del recurso hídrico, de suerte que se logre garantizar calidad y cantidad del preciado líquido.

4.7.3 Proyecciones de consumo

A continuación se presentan algunos escenarios con respecto a la demanda de agua proveniente del embalse Riogrande II, proyectado en este ejercicio como la única fuente de agua para el abastecimiento metropolitano, considerando que los otros embalses están próximos a terminar su vida útil. Se trata de tres escenarios: el primero, es de carácter estable considerando que las condiciones actuales se mantienen; el segundo, es pesimista en el cual aumentan todos los consumos, y el tercero es un escenario optimista que mostraría los resultados de una adecuada gestión; veamos:

Escenario 1. Mantener la tendencia actual, esto es el caso detallado anteriormente, es decir, los consumos de la población permanecen constantes y de la misma manera las áreas en ganadería no crecen. Los consumos son de 200 l/hab./día y el ganado consume 200 l/cab./día

Escenario 2 (Pesimista). Aumento de las áreas productivas en ganado y mayor consumo de agua por parte de la población. Esto es, que sólo se garantizan sin intervención las áreas en protección, cambiando entonces el uso del suelo a explotaciones ganaderas, con lo cual este número aumentaría y unido al aumento en el consumo de agua por parte de la población, ahora con un consumo de 400 l/hab./día.

Escenario 3 (Optimista). Se reducen los consumos por parte de la población y se gestionan las áreas conforme a la oferta ambiental potencial estimada en esta investigación

Escenario 1.

Para calcular proyecciones de consumo de agua se tienen en cuenta el crecimiento de la población, tanto del área de abastecimiento, es decir de la cuenca del río Grande, como el de la población urbana del área metropolitana del valle de Aburrá. Se asume que en la cuenca el número de bovinos permanece constante, conforme se calculó para el consumo actual en el numeral anterior, esto considerando que la gestión en la zona se encamina hacia la conservación y protección de los ecosistemas de acuerdo con el uso potencial, donde, incluso, las áreas dedicadas a la ganadería deberían disminuir.

Las estimaciones de las tendencias de crecimiento poblacional del área metropolitana se realizaron a partir de la aplicación de modelos teóricos como el geométrico, logarítmico, método de la curva de crecimiento y métodos de regresión lineal y no lineal (ver anexo 10). Los resultados más satisfactorios fueron obtenidos de los métodos de regresión, con base en la información de los censos de 1964, 1973, 1985, 1993 y 2005. Esto a pesar de que los modelos geométricos y logísticos han sido aplicados al crecimiento de la población humana (Krebs, 1985). En este caso en particular presentaron dificultades debido a que las condiciones del Área

Metropolitana no coinciden estrictamente con los supuestos de medio ambiente, no limitado para el caso del modelo geométrico y de ambiente limitado para el caso del modelo logístico (Pianka, 1982). Es posible que los modelos no se adapten fácilmente debido a que las curvas de crecimiento para el período comprendido entre 1964 a 2005 presentan formas muy lineales a las cuales se adaptan muy bien las regresiones particulares para cada caso (ver anexo 10). En la tabla 32 se presentan las mejores ecuaciones de regresión encontradas para cada caso y en la figura 116 se pueden apreciar gráficamente los resultados.

TABLA 32. Ecuaciones del modelo de crecimiento poblacional para en el valle de Aburrá.

VALLE DE ABURRÁ	ECUACIÓN DE REGRESIÓN
Cabecera	$= - 101.755.000 + 52.306,1 (\text{AÑO})$
Resto	$= - 2.499.970 + 1.335,66 (\text{AÑO})$
Total	$= 417.092.000 - 471.854 (\text{AÑO}) + 132,41 (\text{AÑO})^2$

Para la estimación del crecimiento de la población en los municipios donde se ubica la cuenca del río Grande, se realizó el mismo procedimiento señalado anteriormente para el crecimiento de la población en el área metropolitana del valle de Aburrá, con resultados similares en cuanto a que los modelos que más se acercan a la tendencia real son los modelos de regresión lineal y no lineal que se muestran en la tabla 33. De manera gráfica, se pueden observar en la figura 117 las tendencias en el crecimiento poblacional para esta zona de acuerdo con los modelos seleccionados.

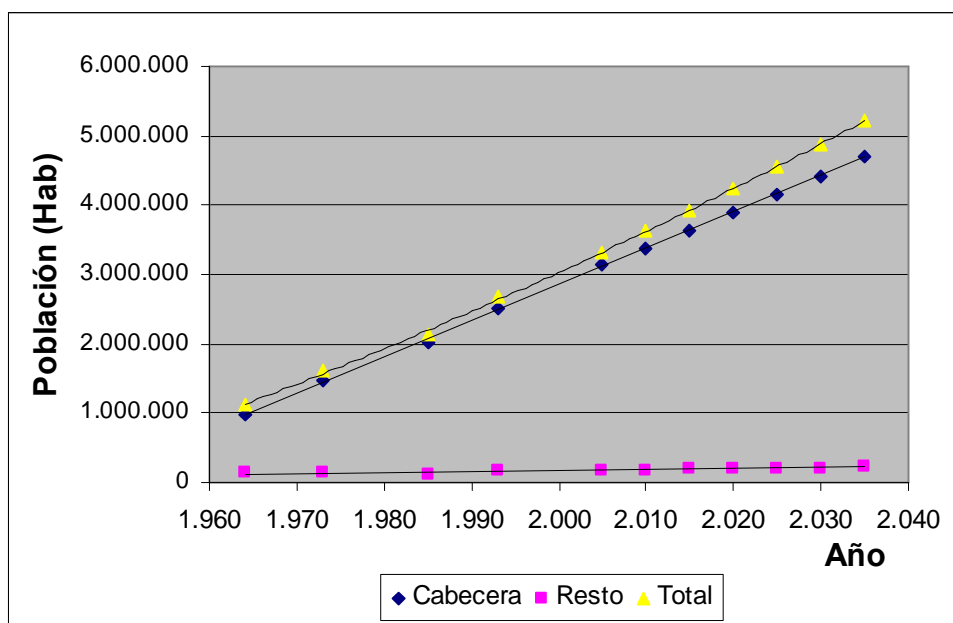


FIGURA 116. Proyección del crecimiento poblacional en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Fuente: Elaboración propia con base en información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE y del Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia. 2008.

TABLA 33. Ecuaciones del modelo de crecimiento poblacional para la cuenca del río Grande (área de abastecimiento).

ÁREA DE ABASTECIMIENTO	ECUACIÓN DE REGRESIÓN
Cabecera	$= 67.403.300 - 68.508,6 (\text{AÑO}) + 17,41 (\text{AÑO})^2$
Resto	$= - 385.658 + 214,53 (\text{AÑO})$
Total	$= 49.261.600 - 50.396,7 (\text{AÑO}) + 12,90 (\text{AÑO})^2$

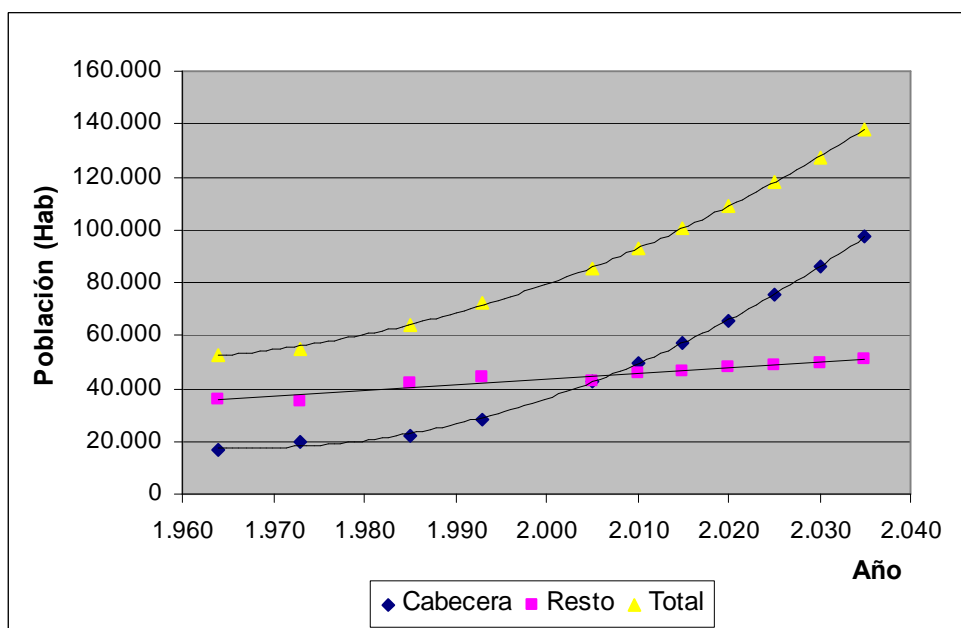


FIGURA 117. Proyección de población del área de abastecimiento (cuenca del río Grande).

Fuente: Elaboración propia con base en información del DANE, 2005.

Con base en la densidad poblacional, estimada a partir de la cantidad de viviendas por hectárea en cada municipio, se calculó el número de personas en la cuenca y el porcentaje correspondiente a la población total de los municipios que la conforman. Este porcentaje se extrae de la proyección realizada para los municipios, obteniendo así la población proyectada para la cuenca, con la que se calcula el consumo de agua a futuro en los diferentes años.

Se asume el mismo consumo actual de $0,161 \text{ m}^3/\text{día}$ para la población del valle de Aburrá, y de $0,200 \text{ m}^3/\text{día}$ para los habitantes asentados en el área de cuenca. En la tabla 34 se presentan los resultados:

TABLA 34. Proyección del consumo de agua poblacional.

Proyecciones		Año					
		2010	2015	2020	2025	2030	2035
Población	Cuenca	63.178	68.408	74.077	80.185	86.733	93.719
	Nº	AMVA	3.380.261	3.641.792	3.903.322	4.164.853	4.687.914
Consumo	Cuenca	12.635,54	1.3681,57	14.815,41	16.037,06	17.346,51	18.743,78
	M³/día	AMVA	676.052,20	728.358,40	780.664,40	832.970,60	885.276,60
Total consumo		688.687,74	742.039,97	795.479,81	849.007,66	902.623,11	956.326,58

Fuente: La autora, 2008

La demanda de agua aumenta conforme crece la población. En la figura 118 se aprecia este comportamiento, situación que afecta a la disponibilidad del recurso como se observa en la figura 119, disminuyendo la oferta.

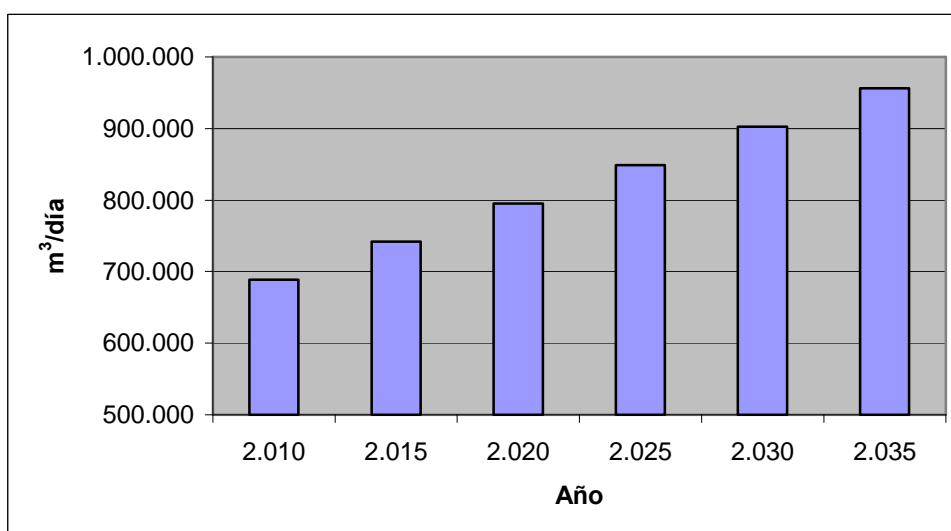


FIGURA 118. Demanda total de agua calculada a partir de las estimaciones del crecimiento poblacional.

Fuente: La autora, 2008

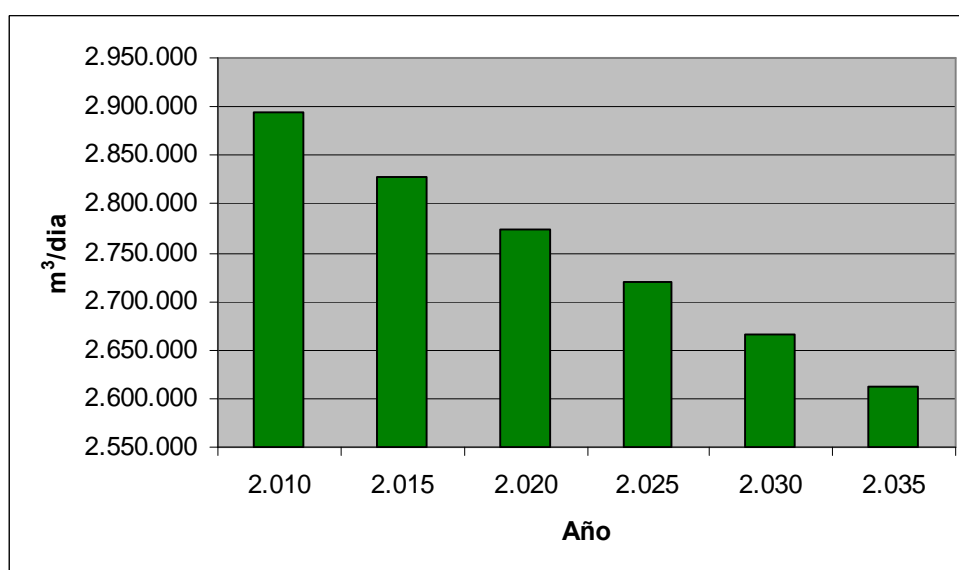


FIGURA 119. Balance entre oferta y demanda, escenario 1.

Fuente: La autora, 2008

Si bien es cierto que el ejercicio de la proyección de la demanda y la oferta en el área de estudio señalan que aunque disminuya el agua no llegará a ser limitante por el momento, es evidente que el caudal disponible disminuye y puede decrecer aún más, pues no sobra recalcar que ese cálculo se realizó manteniendo constantes los consumos y las condiciones climáticas, factores que al variar afectarían sensiblemente la oferta. Vale anotar además que este cálculo sólo corresponde a la cantidad y que la calidad será un aspecto muy preocupante que deberá tenerse en cuenta en el proceso de gestión.

Escenario 2 (Pesimista)

Con base en las mismas proyecciones de población calculadas para el escenario 1 y con un aumento en el consumo, tanto por parte de la población (400 l/hab./día) como por el incremento en el consumo debido a la ampliación del hato ganadero en la cuenca, en un 44%, y manteniendo constante la demanda de agua de los sectores industrial, comercial y oficial (figura 120), se tiene que la demanda nivelaría la oferta del diseño

del embalse ($19,5 \text{ m}^3/\text{s}$) (EPM, 1984) en el año 2010, lo que indica que aunque para el período calculado la demanda no supere la oferta de la cuenca si superaría la capacidad instalada para el abastecimiento del área metropolitana. Esto implicaría un incremento en los costos por cuanto se debería ampliar el sistema para satisfacer esta demanda, lo cual no se ha visualizado en ningún horizonte temporal, y menos aún en lo concerniente a la planificación y gestión del recurso.

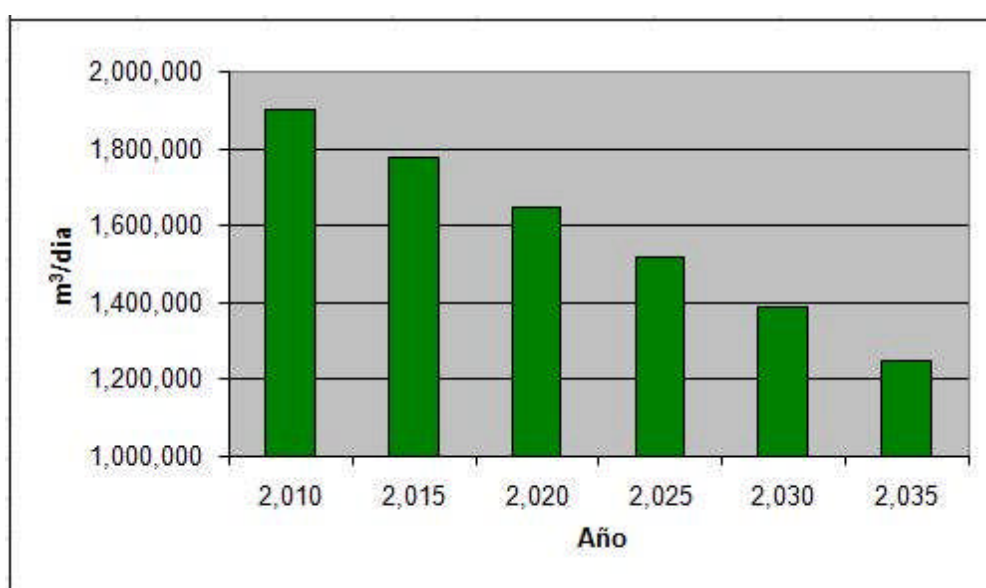


FIGURA 120. Balance entre oferta y demanda, escenario 2.

Fuente: La autora, 2008

Escenario 3 (Optimista)

Para este escenario se utilizan las mismas proyecciones de población calculadas para el escenario 1 con una disminución en el consumo de agua, tanto por parte de la población (150 l/hab./día) como por la disminución del consumo debido a la reducción del hato ganadero en un 42%, gracias a una buena gestión de la cuenca, y manteniendo constante la demanda de agua de los sectores industrial, comercial y oficial (Figura 121).

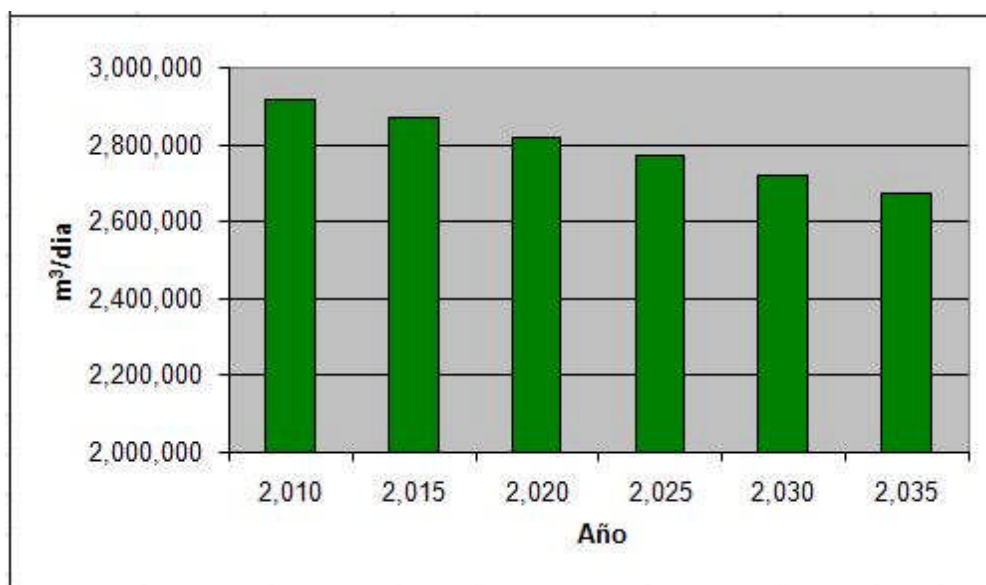


FIGURA 121. Balance entre oferta y demanda, escenario 3.

Fuente: La autora, 2008

En la figura 122 se presenta, de manera gráfica, la comparación entre los tres escenarios planteados desde la oferta y demanda de volumen; nótese que no existe diferencia significativa entre los escenarios de tendencia actual y el optimista, pues el volumen de agua es tan suficiente que una reducción de sólo de 50 l/día/hab., no hace representativo el ahorro. No obstante, la alteración de los ecosistemas va generando deterioro en la calidad del recurso y esto, a su vez, se vería reflejado en los costos de depuración que necesariamente incidirán en las tarifas. Lo que sí impacta de manera significativa en el cambio del volumen de agua es el aumento del 100% en el consumo por parte de la población y la expansión del uso ganadero de la tierra, como se evidencia en el escenario pesimista, al cual podría llegarse si no se tomaran las medidas correspondientes para una adecuada gestión del territorio.

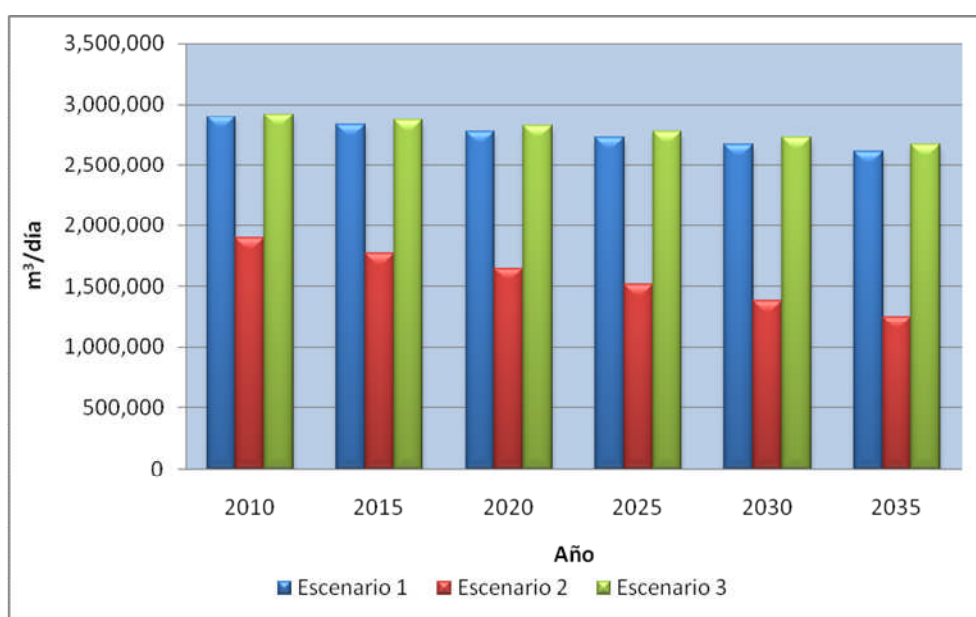


FIGURA 122. Balance oferta – demanda en tres escenarios.
Fuente: La autora, 2008

De acuerdo con lo anterior, además de los volúmenes de agua, es preciso considerar la calidad y los impactos generados por las actividades productivas desarrolladas en el área de la cuenca, de suerte que permitan incidir positivamente en los procesos de planificación del recurso hídrico y de gestión del territorio

4.7.4 Evaluación de la oferta ambiental

Se considera la oferta ambiental como aquella que corresponde a los bienes y servicios ambientales ofrecidos por un área de estudio, en este caso las cuencas del río Grande y el río Chico.

Para definir la oferta ambiental, se relacionan la oferta ambiental potencial y la oferta ambiental actual, lo que se valora para conocer los conflictos ambientales entre los servicios ambientales ofrecidos por las unidades de paisaje identificadas en la zona de estudio. A continuación se presenta la metodología utilizada para estimar dicha oferta ambiental.

Etapas 1: OFERTA AMBIENTAL POTENCIAL

1. Identificación de los usos potenciales: en este caso se tomaron en consideración los mapas de usos potenciales suministrados por CORANTIOQUIA en formato digital (.SHP), los cuales fueron elaborados en los Planes de Manejo y Ordenación de las cuencas del río Chico y el río Grande en 2005.
2. Zonificación del uso potencial a partir de las unidades de paisaje identificadas anteriormente, es decir, a cada unidad de paisaje se le identificó su uso potencial.
3. Asignación de la oferta ambiental potencial a cada unidad de paisaje. Para esta asignación se asoció directamente el uso del suelo predominante en cada unidad con la oferta ambiental de la misma. Así que cuando el mayor porcentaje del uso potencial es “Explotaciones Silviculturales con pendientes menores al 50% y sin problemas de erosión, ganadería extensiva tipo lechero” o “Vegetación natural para recuperación de suelos o a través de reforestación, en pendientes menores y con poca erosión, ganadería extensiva de tipo lechero”, se considera como principal servicio ambiental, la “Regulación Hídrica”. Es de anotar que esta área, en dichos usos potenciales, también ofrece el servicio de “Seguridad alimentaria”, no obstante para el caso sólo se tiene en cuenta el primer servicio ambiental ofrecido.

Etapas 2: OFERTA AMBIENTAL ACTUAL

Identificación del servicio ambiental actual: para este caso se realiza el mismo procedimiento de la oferta ambiental potencial, con la diferencia de que se utilizan los mapas del uso actual (Elaborados por CORANTIOQUIA en 2005 en los planes de ordenación y manejo de las cuencas del río Chico y el río Grande) para asignar el servicio ambiental que están cumpliendo las unidades de paisaje.

De acuerdo con los usos actuales, se priorizó el porcentaje mayor para atribuir el servicio ambiental ofrecido en cada unidad de paisaje. Así, cuando el mayor porcentaje de cobertura es bosque, el principal servicio ambiental ofrecido por la unidad de paisaje se asume como “Regulación Hídrica”. En caso de ser la mayor área pastos, el servicio ambiental ofrecido por la unidad de paisaje es “Seguridad Alimentaria”. Vale anotar que las coberturas boscosas, la vegetación de páramo y los bosques achaparrados también ofrecen otros servicios ambientales relevantes como son la captura de CO₂, la biodiversidad, valores escénicos y la recreación. Sin embargo, se asume para este caso la regulación hídrica como el servicio de mayor interés en el área de estudio.

Etapas 3: ESTIMACIÓN DE LA OFERTA AMBIENTAL

Inicialmente, se recoge la síntesis de las etapas 1 y 2 para construir una tabla con las unidades de paisaje, los usos potenciales, usos actuales, porcentajes de área y sus respectivos servicios ambientales. Se comparan los servicios ambientales y se valoran.

Un primer análisis se hace comparando los porcentajes que presentan el servicio ambiental potencial y el servicio ambiental actual y se califica como: “Adecuado” si el porcentaje del potencial es mayor que el del ambiental. En caso contrario se considera “Inadecuado”. Si no coinciden los dos se califica como “Muy Inadecuado”, como se presenta en la tabla 35.

TABLA 35. Calificación del Conflicto Ambiental.

SERVICIO AMBIENTAL	CONFLICTO	CALIFICACIÓN
COINCIDE	%SAP > %SAA	ADECUADO
	%SAP < %SAA	INADECUADO
NO COINCIDE	SAP ≠ SAA	MUY INADECUADO

SAP: Servicio Ambiental potencial; SAA: Servicio Ambiental Actual

Un segundo análisis se hace a partir del servicio ambiental actual que cumplen las coberturas, la cual se asigna una calificación por cobertura y por porcentaje como se muestra en la tabla 36.

TABLA 36. Escala para valorar la oferta ambiental.

COBERTURA	%	CALIFICACIÓN
Bosque de Roble	76 - 100	16
	51 – 75	15
	26 – 50	14
	1 – 25	13
Bosque Intervenido	76 - 100	12
	51 – 75	11
	26 – 50	10
	1 – 25	9
Vegetación de Páramo	76 - 100	8

COBERTURA	%	CALIFICACIÓN
Vegetación Achaparrada	51 – 75	7
Rastrojo Alto	26 – 50	6
Embalse	1 – 25	5
Bosque Plantado		
	76 - 100	4
	51 – 75	3
Rastrojo Bajo	26 – 50	2
	1 – 25	1

Fuente: La autora, 2008

4.7.4.1 Evaluación del estado ambiental por unidad de paisaje

Con la puntuación obtenida para cada unidad de paisaje de la oferta ambiental, se evalúa el estado ambiental a partir de la definición de unos intervalos que la califican como muy bueno, bueno, regular, o malo, como se muestra en la tabla 37.

TABLA 37. Calificación para el estado ambiental.

INTERVALO	CALIFICACIÓN
15 – 20	Malo
21 – 25	Regular
26 – 30	Bueno
31 - 35	Muy bueno

Fuente: La autora, 2008

De esta manera queda evaluada la oferta ambiental. Los resultados y el análisis se presentan a continuación.

4.7.4.2 Resultados de la oferta ambiental

4.7.4.2.1 Oferta ambiental potencial

En la tabla 38 se muestran los resultados de oferta ambiental potencial estimada para cada unidad de paisaje, obtenido por medio de la metodología descrita en la etapa 1.

TABLA 38. Servicios ambientales potenciales ofrecidos por unidad de paisaje.

UNIDAD PAISAJE	USO POT	% ÁREA U. POTENCIAL	OFERTA PPAL	OFERTA SECUNDARIA	OTROS SERVICIOS AMBIENTALES
A	ES	74,00	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
B	ES	97,15	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
C	ES	79,00	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
D	ES	40,07	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
E	ES	62,00	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Energía y Agua para Consumo; Captura CO ₂
F	ES	84,00	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
G	VN	36,00	Regulación hídrica	Biodiversidad	Disolución de Contaminantes; Captura CO ₂
H	ES	71,52	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Disolución de Contaminantes; Captura CO ₂
I	ES	56,00	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
J	VN	64,79	Regulación hídrica	Biodiversidad	Captura CO ₂
K	ES	77,25	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Captura CO ₂
L	ES	80,04	Regulación hídrica	Seguridad alimentaria	Biodiversidad y Recreación; Captura CO ₂

ES: Explotaciones silviculturales. En zonas con pendientes menores al 50% y sin problemas de erosión, ganadería extensiva de tipo lechero

VN: Vegetación natural para recuperación de suelos o a través de reforestación, en pendientes menores y con poca erosión, ganadería extensiva de tipo lechero.

Fuente: La autora, 2008

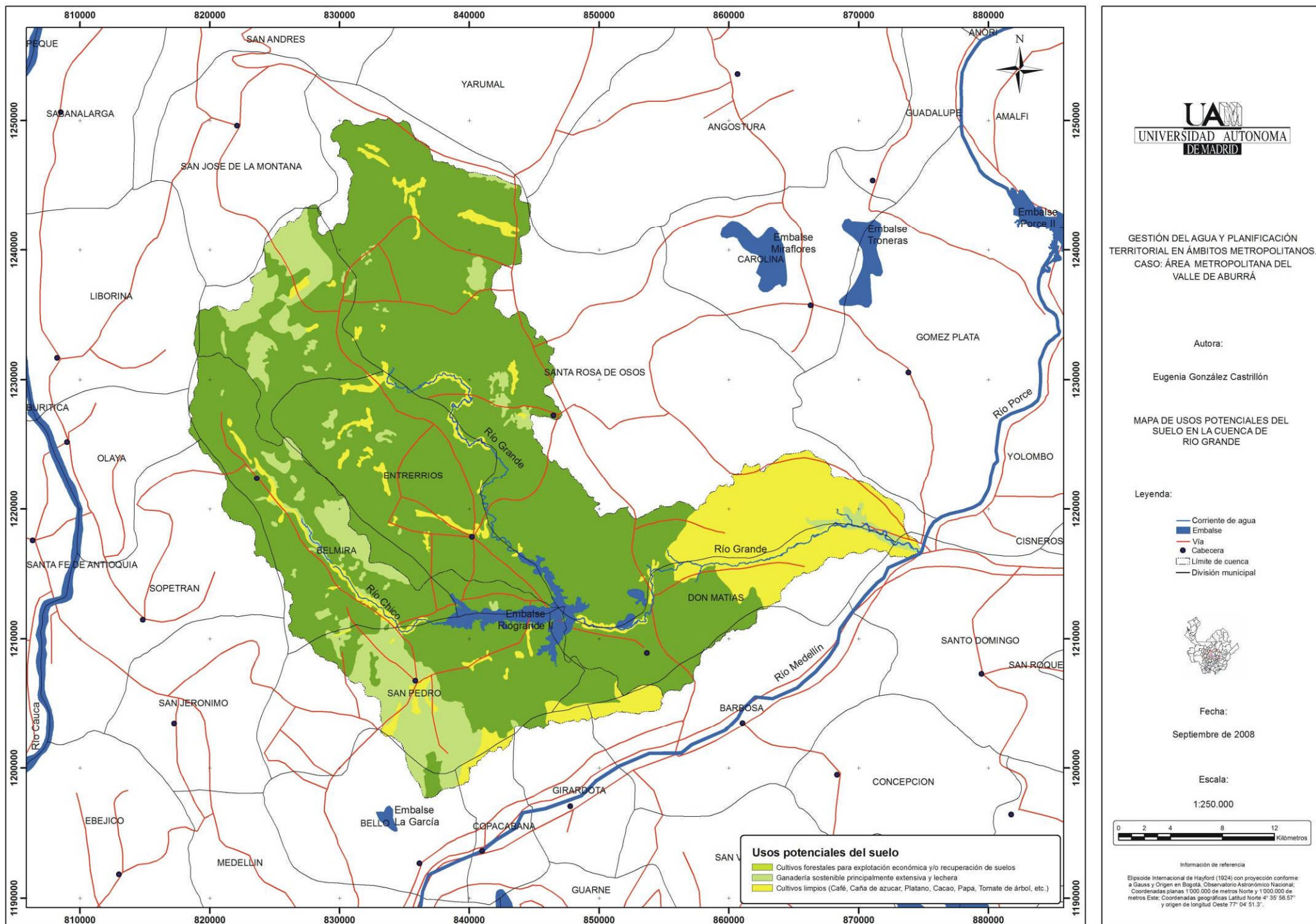


FIGURA 123. Mapa de usos potenciales del suelo en la cuenca de Río Grande. Fuente: a partir de Corantioquia, 2005.

Los porcentajes que aparecen en la tabla 38 son los valores mayores de área del uso potencial, los cuales fueron seleccionados para representar la oferta ambiental de la unidad de paisaje. En la figura 123 se presentó el mapa correspondiente a la distribución de dichos usos potenciales en la cuenca.

La principal oferta ambiental potencial del área de estudio es la regulación hídrica, debido a que el uso potencial propone un uso protector productor con énfasis en sistemas agrosilvoculturales que cumplen la función de proteger el medio físico hídrico.

4.7.4.2.2 Oferta ambiental actual

En la tabla 39 se presentan los servicios ambientales ofrecidos por cada unidad de paisaje estimados a partir del uso actual del suelo como se describió en la etapa 2 de la metodología. Vale anotar que se tomaron los mayores porcentajes de cobertura para asignar la oferta ambiental.

TABLA 39. Servicios ambientales actuales ofrecidos por unidad de paisaje.

UNIDAD PAISAJE	USO ACTUAL	% ÁREA ACTUAL	OFERTA PPAL	OFERTA SECUNDARIA
A	Br	84,06	Regulación hídrica	Captura CO ₂
B	Bi	50,93	Regulación hídrica	Captura CO ₂
C	Pm	56,08	Seguridad alimentaria	Relleno sanitario
D	Pm	65,64	Seguridad alimentaria	Abastecimiento de agua
E	Bp	44,96	Regulación hídrica	Captura CO ₂ , Abastecimiento de agua, relleno sanitario
F	Pm	47,63	Seguridad alimentaria	Paisaje ganadero

UNIDAD PAISAJE	USO ACTUAL	% ÁREA ACTUAL	OFERTA PPAL	OFERTA SECUNDARIA
G	Pe	55,08	Seguridad alimentaria	Regulación hídrica, bellezas escénicas
H	Pm	71,88	Seguridad alimentaria	Regulación hídrica
I	Pm	76,71	Seguridad alimentaria	Abastecimiento de agua, relleno sanitario
J	Pm	56,04	Seguridad alimentaria	Abastecimiento de agua, relleno sanitario
K	Pm	81,06	Seguridad alimentaria	Regulación hídrica, bellezas escénicas
L	Vp	41,49	Regulación hídrica	Biodiversidad

Br: Bosque de roble; Bi: Bosque intervenido; Bp: bosque plantado; Pm: Pasto manejado; Pe: Pasto enmalezado; Vp: Vegetación de páramo.

Fuente: La autora, 2008

Los bosques, en general, ofrecen los mismos servicios ambientales, no obstante, para el caso, los bosques de roble constituyen la principal cobertura que cumple con la función reguladora del caudal y por tanto son los que cobran mayor importancia en el análisis del servicio ambiental de regulación hídrica. Los pastos, tanto los enmalezados como los manejados, constituyen la base para prestar el servicio de seguridad alimentaria, por ser ellos el sustento de la ganadería extensiva de tipo lechero.

A partir de la comparación entre la tabla de servicios ambientales potenciales ofrecidos por unidad de paisaje y la tabla de servicios ambientales actuales, ofrecidos por unidad de paisaje y aplicando la calificación mostrada en la tabla “Calificación del Conflicto Ambiental”, se obtienen los resultados que se muestran en la figura 124.

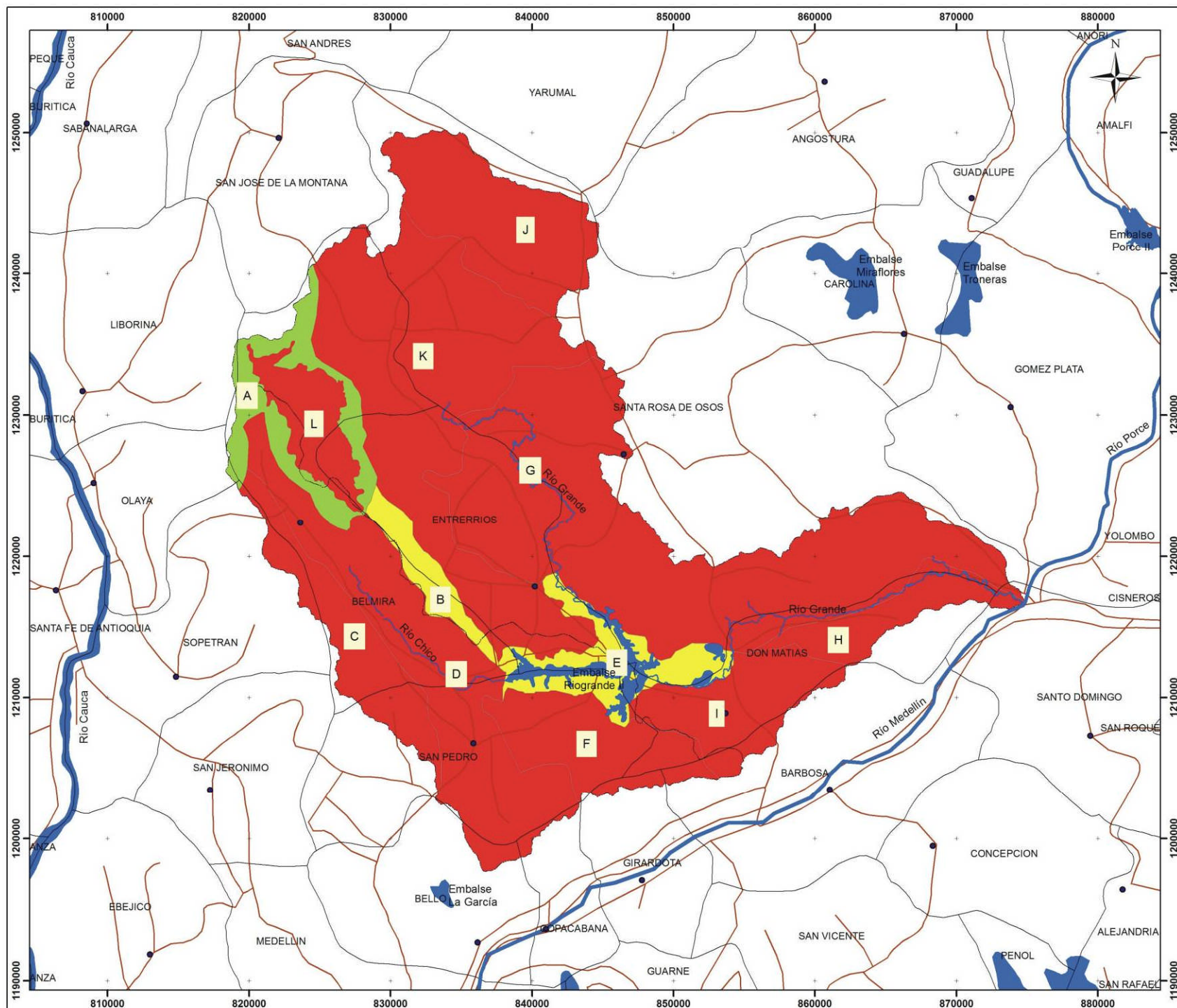
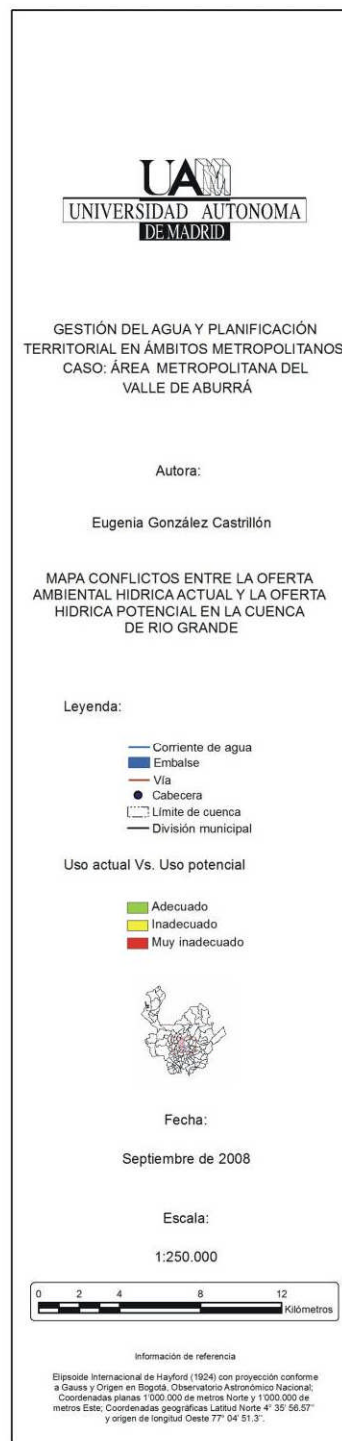


FIGURA 124. Mapa conflictos entre la oferta ambiental hídrica actual y la oferta hídrica potencial en la cuenca de Río Grande. Fuente: la autora, 2008.



La categoría adecuada supone a que el servicio ambiental potencial coincide con el servicio ambiental actual, situación que se presenta en la unidad de paisaje A. La categoría inadecuada hace referencia a que el servicio ambiental actual dista del servicio ambiental potencial, lo que sugiere cambios en los porcentajes de las coberturas; esto ocurre en las unidades de paisajes B, E y L. Entre tanto las categorías de muy inadecuada, indican que no hay correspondencia entre el servicio ambiental potencial y el actual. Lo que manifiesta la necesidad de actuar inmediatamente para cambiar el uso del suelo en el caso de las unidades de paisaje C, D, F, G, H, I, J y K.

4.7.4.3 Resultados: evaluación del estado ambiental para cada unidad de paisaje.

En la siguiente tabla se presenta la síntesis de la evaluación ambiental de cada unidad de paisaje, estimada con base en la metodología definida a partir de los resultados de la oferta ambiental, la cual se recoge en la tabla calificación para el estado ambiental, indicando el estado del servicio ambiental ofrecido por la unidad. Esta evaluación permitirá proponer acciones de mejora para cada unidad de paisaje.

TABLA 40. Calificación oferta ambiental.

UNIDAD DE_PAISAJE	OFERTA PRINCIPAL	CALIFICACIÓN
A	Regulación hídrica	Buena
B	Regulación hídrica	Buena
C	Seguridad alimentaria	Regular
D	Seguridad alimentaria	Mala
E	Regulación hídrica	Mala
F	Seguridad alimentaria	Regular
G	Seguridad alimentaria	Regular
H	Seguridad alimentaria	Regular
I	Seguridad alimentaria	Regular
J	Seguridad alimentaria	Regular
K	Seguridad alimentaria	Regular
L	Regulación hídrica	Mala

Como se aprecia en la tabla 40, las unidades A y B han obtenido una calificación buena, lo que significa que han tenido una mejor gestión, pues la conciencia de la utilización de estos espacios como productores de agua y las inversiones han logrado avanzar en el proceso de mejoramiento de la oferta ambiental. El hecho de declarar una zona como reserva natural para conservación o preservación, implica mantener la atención y aunar todos los esfuerzos para la sostenibilidad de estas áreas. En las otras unidades de paisaje donde la evaluación difiere de la calificación “buena”, se hace necesario un mayor trabajo, que deberá partir de reconocer la importancia ambiental que reviste la cuenca y las posibilidades de desarrollo que tienen allí las poblaciones, a partir del conocimiento de la oferta ambiental y su valoración, para que, de manera conjunta, entre todos los actores sociales, políticos y económicos, logren un desarrollo equilibrado.

Los conflictos territoriales identificados en la cuenca del río Grande tienen efectos importantes y evidentes en el recurso agua. Dichos conflictos se generan por una inadecuada utilización del suelo, fruto del uso de tecnologías inapropiadas en las actividades agropecuarias, tenencia de la tierra en áreas rurales. Esta presión es producto del desplazamiento de actividades a partir de la tierra ocupada en la actualidad por el embalse y los efectos residuales que generó el proyecto de aprovechamiento múltiple Riógrande II.

4.8 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO REALIZADAS POR EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN (EPM)

EPM, para dar cumplimiento a su compromiso ambiental, ha definido cinco grandes líneas de actuación: a) cumplir obligaciones y requerimientos legales, b) conservar y mejorar los recursos naturales, c) realizar gestión hidrometeorológica, d) gestionar seguridad de presas y taludes y e) realizar gestión para el desarrollo institucional y comunitario, cuyos objetivos fundamentales, según el informe de gestión ambiental de EPM del año 2005 son:

- a) Cumplir Obligaciones y Requerimientos Legales: atender las obligaciones y requerimientos legales relacionados con la gestión ambiental, cumpliendo oportunamente los compromisos establecidos por las autoridades competentes en lo referente a pagos, planes de manejo ambiental, actos administrativos, licencias o permisos y atendiendo los impactos no previstos. Esta línea de actuación tiene la responsabilidad de mantener actualizadas las concesiones de agua.
- b) Conservar y Mejorar los Recursos Naturales: Este eje de acción tiene por objeto contribuir a la conservación de los recursos naturales mediante la protección de predios y embalses, programas de saneamiento, gestión forestal, recuperación de áreas degradadas y educación ambiental, con el fin de posibilitar la continuidad de la operación de los servicios. Con tal fin se ejecutan y promueven programas de protección manejo y mejora del medio físico y biótico, para evitar afectaciones negativas sobre los predios y embalses.

- c) Realizar Gestión Hidrometeorológica: este proceso busca suministrar información hidroclimática oportuna y confiable, mediante la captura, procesamiento y análisis de datos, estudios hidrológicos e hidráulicos y pronósticos de caudales, para la adecuada toma de decisiones en las distintas fases de los proyectos y para la realización de monitoreo y estudios ambientales.
- d) Gestionar seguridad de Presas y Taludes: Verificar el funcionamiento adecuado de presas y taludes y administrar los riesgos asociados a estas estructuras, mediante la inspección, medición y análisis de variables geotécnicas, realización de estudios de estabilidad y la elaboración e implantación de planes de emergencia para propender por la continuidad de los servicios.
- e) Realizar Gestión para el desarrollo Institucional y Comunitario: con este proceso se pretende contribuir al desarrollo económico en las áreas de influencia donde exista infraestructura necesaria para la captación de agua y generación de energía y, en general, en zonas geográficas de importancia estratégica para EPM. Para ello se recurre a la contratación social, la participación en programas de fortalecimiento institucional y comunitario y a la vinculación a proyectos de desarrollo económico y social, con el fin de aportar al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y facilitar la interacción de la Empresa con el entorno (EPM, 2006).

En la Empresa se han ordenado las estrategias de conservación del recurso hídrico en tres grandes capítulos, compuesto cada uno de ellos por una serie de proyectos que contribuyen positivamente al objetivo general del capítulo. Estos son:

A. Control de Cuencas Abastecedoras.

- Áreas de protección
- Control de erosión
- Reforestación
- Sistemas de información y relaciones con las autoridades ambientales
- Gestión comunitaria.
- Vertimientos

B. Ahorro en Consumos

- Tarifa
- Programas de uso racional del recurso
- Control de fraudes
- Micromedición
- Políticas de operación de la Empresa

C. Control de Contaminación en la Cuenca Receptora.

- Acueductos y alcantarillados veredales
- Recuperación de quebradas
- Recuperación del río Medellín

A. Control de Cuencas Abastecedoras. EPM posee 28.000 hectáreas de tierra destinadas a proteger sus embalses y parte de las cuencas de los ríos que abastecen su sistema.

El control de invasiones es otra de las funciones permanentes en el cuidado de las zonas de protección. La amplitud de las cuencas, el desplazamiento de los campesinos y, en última instancia, la pobreza, son, entre otros factores, los dinamizadores del proceso de invasión, cuyo control ha de ser preventivo y persuasivo, tratando de no generar problemas de confrontación social generalizados, pero

nunca permisivo. Durante el año 2005 se recuperaron cuatro predios invadidos y se gestionó el proceso reivindicatorio de 17 invasiones (Piedrahita, 2006).

En el año 2005 se sembraron directamente por EPM 1.160.000 árboles, que equivalen a la reforestación de 860 hectáreas de terreno y se realizó el manejo forestal de más de trescientos mil árboles plantados durante los dos años anteriores. En el conjunto de embalses de generación energía y acueducto, se concretaron programas de manejo silvicultural de plantaciones, mediante el aprovechamiento forestal por entresaca y despeje de vías, realizados con las Juntas de Acción Comunal de la respectiva región, lo que permitió mejorar las condiciones del bosque, prevenir la propagación de plagas y mantener despejados los senderos que permiten la revisión y administración de las zonas de protección, sin dejar de lado el aprovechamiento de aproximadamente 3.500 m³ de madera, en 35 hectáreas intervenidas. Asimismo, para el conjunto de embalses de energía y agua, se efectúan permanentemente acciones de control de la erosión. Durante el último año se recuperaron más de treinta hectáreas que generaban un importante aporte de sedimentos a los embalses (Piedrahita, 2006).

Empresas Públicas de Medellín aporta al desarrollo socioeconómico en sus áreas de influencia mediante el apoyo al fortalecimiento institucional y comunitario y a través de proyectos. Para alcanzar estos objetivos, vincula a la comunidad misma, a las entidades municipales, a las corporaciones autónomas regionales y a otras instituciones presentes en la zona. Así, para el año 2005 continuó con el acompañamiento y fortalecimiento a 186 organizaciones comunitarias de desarrollo. En este frente se cuenta con el Sistema de Información Social, que permite realizar el seguimiento, monitoreo y evaluación de las organizaciones comunitarias.

B. Ahorro en Consumo. Las campañas de consumo racional del agua que se efectúan a través de los medios de comunicación se acompañan de ilustraciones en la factura del servicio que permite al usuario comparar su consumo actual con el anterior, con el promedio de los últimos seis meses y con el de su estrato. Es innegable, además, que el cobro del valor real del servicio es un buen disuasivo ante el despilfarro. Las proyecciones de consumo elaboradas en la Empresa en el año 1998 para el 2005, antes de entrar en vigor las actuales estructuras tarifarias, estimaban un consumo total de 225 millones de m³, hoy sabemos que llegó a 185 millones. Las proyecciones que en aquel entonces se prepararon para el año 2010 predecían un consumo de 240 millones de m³, al revisarlas con base en la capacidad de pago de los usuarios, las nuevas tarifas y los avances tecnológicos esperados, se cree que dicho consumo no superará los 192 millones de m³ (Piedrahita, 2006).

En la misma línea de lo expuesto en el párrafo anterior, el consumo fraudulento es un incentivo al desperdicio. Las instalaciones que se vinculan a la red clandestinamente no sólo generan un deterioro en el ingreso del operador, sino que hacen un uso irresponsable del recurso. Mediciones efectuadas por la Empresa muestran que los consumos de los fraudulentos son de 2,0 a 2,5 veces el promedio de su estrato. Por esta razón es imprescindible encontrar el fraude, que es tan común en sociedades pobres como la nuestra. Pero es ingenuo pensar que se puede suspender permanentemente el aprovisionamiento de agua a una familia sin darle alguna salida a su problema. Por ello en EPM se creó el proyecto “Habilitación viviendas”, mediante el cual se vincula al sistema de conducción y alcantarillado a esas familias, otorgándoles crédito a largo plazo y con interés subsidiado, para el pago de su instalación. El programa busca además que las obras civiles sean ejecutadas por las organizaciones comunales del sector, con acompañamiento en ingeniería por parte de la Empresa. Así se generan algunos ingresos para los habitantes y, sobre todo, se consigue sentido de pertenencia hacia las obras que ellos mismos construyeron.

El cuidadoso y oportuno manejo de la cartera por parte del operador es otro importante instrumento económico empleado por EPM. El usuario que consume sin que se le haga efectivo el cobro actúa con la misma lógica del fraudulento: no controla el uso del agua, pues ello no tiene efecto real sobre el nivel de sus gastos. El total de los usuarios de EPM cuenta con medidor de consumo, pues por norma el cobro tiene que ser función de un consumo debidamente medido.

Las pérdidas técnicas contribuyen también a un importante aporte al desperdicio del agua. Consciente de ello la Empresa mantiene un constante control sobre los materiales empleados, la presión en la red y los consumos nocturnos en procura de prevenir y corregir con prontitud las fugas. De igual forma, se controla permanentemente el nivel de autoconsumo de agua en el sistema.

C. Control de Contaminación de la Corriente Receptora. El río Medellín no provee agua para potabilización, pero es el receptor del total de vertidos de agua servida, por lo se consideró inaplazable encarar su saneamiento, para lo cual es necesario sanear también sus vertientes.

Esto demandó la ejecución de dos grandes programas: Acueducto y Alcantarillado Veredales y Redes de Colectores. El primero de ellos se orienta a controlar el uso y la contaminación de las quebradas en su cuenca alta; el Municipio participa también en este programa financiando parte de las obras y adquiriendo las tierras para la protección de los nacimientos de las quebradas. El programa consiste en construir sistemas de acueducto y de saneamiento en el perímetro rural de la ciudad, el cual está ubicado en laderas que son tributarias al río. La operación de los sistemas queda bajo la responsabilidad de una Junta de Acueducto Comunitario, a la cual asesora EPM.

Además del saneamiento del río Medellín se requiere de la construcción de la red de transporte, de la cual sólo falta 8 km de interceptor y 65 km de colectores, obras que deben entrar en operación durante los tres próximos años. Equivalentemente el programa de saneamiento contempla la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas residuales tipo secundario. La primera de ellas, con una capacidad instalada de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, entró en operación en el año 1999; la segunda, con una capacidad de $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ está en diseño y debe comenzar operaciones en el último trimestre de 2010.

5. PROPUESTA DE GESTIÓN DEL AGUA EN EL ÁMBITO METROPOLITANO DEL VALLE DE ABURRÁ

*Sólo después de que el último árbol sea cortado
Sólo después de que el último río sea envenado
Sólo después de que el último pez sea apresado
Solo entonces sabrás que el dinero no se puede comer.*

Profecía India

Al Estado le corresponde garantizar los recursos, de manera que estén siempre disponibles y nunca agotarlos. En el caso del recurso hídrico, en Colombia, el Estado entrega a las empresas de servicios públicos su administración.

Esas empresas administradoras del recurso forman parte de la Nación, pero a la vez son parte de la administración del Estado, entonces cumplen la doble función de gestión y administración; lo que hace que todos tengamos responsabilidad en términos del uso, consumo, aprovechamiento, deterioro y conservación.

Entonces, si el Estado cobra el recurso y el administrado tiene con qué pagarlo, lo consumirá desconsideradamente bajo la consigna paradójica “el que consume paga”. Cuando realmente lo que debe ocurrir es que la comunidad debe pagar la buena gestión que hace el Estado.

Una buena gestión conlleva generar políticas ambientales dirigidas a la regulación del consumo a través de estrategias educativas de concienciación y no a través de métodos coercitivos.

El Estado gestiona desde la perspectiva del costo-beneficio en el sentido de que el Estado representa a la comunidad, que le ha delegado la administración y gerencia del recurso hídrico con la obligación de mantenerlo o salvaguardarlo en el tiempo. Debe haber mecanismos a través de los cuales el Estado garantice no sólo la disponibilidad del recurso sino su sostenibilidad.

La norma parece ser contraproducente. El Estado pretende gestionar a través de la norma y la coercitividad de los recursos, pese a que está comprobado a través de la historia, que mediante la fuerza sólo se alcanza el poder pero no la persuasión.

Persuadir a la ciudadanía de la regulación del consumo del recurso es la estrategia más viable para la toma de conciencia. A través de esta estrategia se puede garantizar la sostenibilidad, porque cada uno regula lo que es suyo. Otrora nuestros antepasados regulaban los recursos por el instinto de la conservación, lo que demuestra que la norma ha dado al traste con la intencionalidad jurídica y administrativa de las políticas ambientales de gestión de los recursos. En otras palabras, esto es lo que se debe buscar a través de la gestión del recurso entregándolo a la comunidad como un verdadero bien de uso público que requiere ser sustentable.

Bajo la teoría teleológica el desarrollo de una interpretación jurídico-social de búsqueda del bienestar colectivo, se pretenden desarrollar constitucionalmente derechos de libertades públicas, ya logrados en antaño desde la revolución francesa, con el fin de que seamos “Ciudadanos de bien” que conservemos la especie generación tras generación.

Como comunidad todos los seres humanos estamos llamados a participar en la conservación de la naturaleza y en la gestión medioambiental, especialmente en aquellos lugares en los que se depende de los ecosistemas o donde existe un gran riesgo de deterioro de la salud por efectos de la contaminación. En el caso del recurso hídrico hay que tener en cuenta, de manera fundamental, todos los aspectos que implica su gestión, pues en muchos ámbitos metropolitanos no siempre es la escasez el factor limitante sino la calidad lo que lo convierte en un bien que puede poner en riesgo la salud humana. Ya son bastante reconocidas las enfermedades asociadas al agua, lo que nos debe conducir a una mayor conciencia y participación más activa en términos del uso adecuado del recurso, pues no basta la sola imposición de normas; es necesario la convicción para garantizar la sostenibilidad, pues una cultura adecuada conforme las necesidades hídricas sociales tiene presente la conservación de los ecosistemas que proveen el bien y no permitirá su deterioro porque implicará su propia destrucción. De hecho, las culturas antiguas durante miles de años mantuvieron muy claro este concepto de conservación y al referirse al agua la respetaron y cualquier alteración de sus condiciones físicas o químicas representó penas, sanciones y hasta la muerte.

Dado que la disponibilidad de agua no es la misma en todo el planeta, ni durante todo el tiempo, es necesario, al momento de planificar la gestión del recurso hídrico, tener en cuenta la oferta

ambiental del medio rural para los nuevos y futuros asentamientos en las áreas metropolitanas; oferta que deberá satisfacer las demandas y garantizar cantidad y calidad de agua.

La gestión implica optimizar la administración, el manejo, el acceso y el uso del agua. Esto incluye, además, infraestructura que permita garantizar el agua potable y el saneamiento, estabilizar el régimen hidrológico en zonas de captación del fluido por medio de la recuperación de los ecosistemas que lo proveen; para el caso, la cuenca del río Grande, los humedales del altiplano, el páramo de Belmira y los bosques alto-andinos de la región norte del departamento de Antioquia.

Construir una figura que permita invertir los recursos financieros en actividades de conservación, protección y aprovechamiento implica la formulación de estrategias de desarrollo socioeconómico de los distintos sectores de la población, en especial, de aquellos ubicados en las zonas de la alta montaña.

En este sentido, dentro de las funciones y competencias establecidas en la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas, Ley 128 de 1994 (República de Colombia, 1994), conforme a las *Directrices de Ordenamiento Territorial y los Lineamientos Ambientales* que deben tener en cuenta los municipios en sus Planes de Ordenamiento Territorial, se hace referencia el principio de solidaridad regional que permite la aplicación de políticas compensatorias de servicios ambientales prestados por las subregiones. Esto a través de la adopción de instrumentos de gestión, que permitan generar estímulos y compensaciones para la ejecución de los programas estratégicos, en relación con el modelo de ocupación territorial regional (AMVA, 2007).

En esta investigación y como producto del análisis de antecedentes geográficos, históricos, sociales, económicos, demográficos, políticos y legales, se propone un pago por la conservación y optimización del servicio ambiental del agua. El proceso de implementación de dicho pago supone construir una administración eficiente de recursos técnicos y financieros y una coordinación institucional ágil. Ésta precisa del mecanismo de regulación y financiación correspondiente. En este pago se reconoce el valor económico de los costos y beneficios del consumo y la protección de un servicio o bien ambiental por el cual los consumidores o beneficiarios deben pagar.

Como mecanismo para el pago por el servicio ambiental del agua se propone un pago por compensación que garantice la conservación del medio físico hídrico.

5.1 COMPENSACIONES POR CONSERVACIÓN

5.1.1 Algunos casos de pago por servicios ambientales

El pago por servicios ambientales se ha basado en mecanismos de mercado donde los usuarios de los servicios ambientales compensan económicamente a los proveedores de tales servicios, con el propósito de mantener o modificar un uso particular del suelo (FAO, 2003). En este sentido el pago por servicios ambientales (PSA) se convierte en un instrumento de mercado a través del cual los beneficiarios de los servicios ambientales pagan a los proveedores el esfuerzo realizado para proveerlos. De esta manera, se procura influir en la rentabilidad relativa de

los distintos usos del suelo, de tal forma que el productor reciba una compensación monetaria por aquellas actividades que generan beneficios ambientales para la sociedad (FAO, 2003; Campos *et al.* 2005).

En cuanto a los bosques, por ejemplo, el pago por servicios ambientales se ha visto como una alternativa para asignarle “valor económico” y por ende justificar su protección o conservación, debido a que en muchos casos estos son considerados de bajo valor tras sacar la madera (Pagiola y Platais, 2002). Además porque, como señalan Pagiola *et al.* (2005) se considera que los planteamientos basados en el mercado pueden proporcionar incentivos eficaces y medios eficientes para conservar los bosques y los bienes públicos que ellos proveen, mientras que a la vez ofrecen nuevas fuentes de ingreso para apoyar a los habitantes de las zonas rurales .

Como es de conocimiento general los bosques juegan un papel muy importante en la regulación hídrica y en la reducción de la erosión, asimismo se evidencia cómo los cambios en la cobertura vegetal pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua, adicional a esto de su dinámica temporal, pues, los bosques proporcionan servicios muy valiosos para los consumidores de agua, sistemas de irrigación, plantas generadoras de energía hidroeléctrica, mantenimiento de pesquerías, entre otras (PROFOR, 2004).

En este sentido, los servicios ambientales hídricos se definen como aquellas funciones que algunos usos del suelo y prácticas de conservación de terrenos y aguas desempeñan para mantener la calidad y cantidad del agua, dentro de los parámetros requeridos por los usuarios de un sitio en particular. Entre ellos están la prevención de desastres, regulación hídrica, oferta de agua (recarga de acuíferos), retención de sedimentos, actividades de producción, control de la erosión. El pago por servicio ambiental pretende prevenir

algunos de los impactos hidrológicos causados por los cambios en el uso de suelo que pueden generar un aumento de erosión y de sedimentación, alteración del flujo de nutrientes, cambios en la cantidad de agua y cambios en el nivel freático (Cordero, 2004).

Los mercados para servicios de agua tienden a ser planificados para realizarse en el corto plazo. Muchas veces son acuerdos aislados, mediante de los cuales usuarios específicos pagan a productores específicos por servicios relacionados con el agua de un bosque en particular. El potencial de tales pagos es bueno en sitios donde hay una gran demanda de recursos de agua y los beneficios a los compradores del servicio sean claros. A largo plazo, probablemente el proceso requiera la creación de mercados más grandes para tales servicios (PROFOR, 2004).

Son varias las experiencias que se vienen desarrollando en torno al pago por servicios ambientales. Este es el caso de los valles de la costa de Perú, donde el Instituto Nacional de Recursos Naturales estableció un mercado para los bienes y servicios ambientales provenientes de las tierras de protección con cobertura vegetal situadas en las cabeceras; se amparó en el marco legal existente, como una política para reducir la deforestación y la degradación de las mismas. Por medio de un esquema de pago, en el que participaron los actores involucrados, el programa pretende cubrir el manejo de los recursos naturales, la gestión de la cuenca en el aspecto administrativo y la educación ambiental; sin dejar de reconocer que para incentivar la conservación se deben considerar otros aspectos como la investigación, la valoración económica y la identificación de las áreas críticas de los bosques (FAO, 2003).

En República Dominicana, otro caso responde al proyecto de manejo y conservación de los recursos naturales de la cuenca alta del río Yaque, la más importante del país, realizado en el 2001. El objetivo principal fue

conservar los recursos hídricos y crear un sistema de PSA, se pretendió además ampliar el financiamiento del sistema recurriendo a otros usuarios de la cuenca, e incluyó un sistema de análisis y seguimiento para crear transparencia y eficiencia de las medidas adoptadas en el proyecto; se utilizaron fondos nacionales de la Corporación Dominicana de Energía, e internacionales del Fondo de Cooperación Alemana (FAO, 2003).

También en Guatemala se efectuó la valoración económica del servicio ambiental de regulación hídrica del bosque en la Sierra de Las Minas. Este trabajo se basó en datos de producción de agua del bosque obtenidos mediante un sistema de información geográfica hidrológica, con el que se lograron determinar los cambios en los flujos hídricos, se asumió la producción total del agua en la cuenca como constante y que las fluctuaciones que ocurren durante el año obedecen a cambios en la cobertura forestal. Adicionalmente, se planteó un análisis bajo dos escenarios: el primero, tiene un precio mínimo para el agua, que debe compensar a los propietarios de las partes altas de la cuenca por el costo de oportunidad de la cobertura vegetal existente, más el costo de protección de la cobertura actual; también consideró la externalidad positiva del bosque en términos de prevenir impactos económicos por daños en la infraestructura vial cercana. En el segundo escenario, el costo marginal del agua reflejó los costos de reforestación y sus implicaciones en las áreas de recarga hídrica (FAO, 2003).

Existen otros casos en este mismo sentido en varias cuencas hidrográficas de Costa Rica, en los que se han firmado acuerdos voluntarios con empresas privadas y estatales que aportan recursos económicos desde 10 dólares/ha/año hasta 53 dólares/ha/año para la protección, reforestación o manejo de las cuencas, donde se encuentran sus actividades comerciales o proyectos, como es el caso de la Cuenca del río San Fernando y dos cuencas afluentes del río Sarapiquí, donde la empresa hidroeléctrica paga una parte de ese

costo y el resto es cubierto con recursos del fondo de PSA que ha institucionalizado Costa Rica a través de su normatividad (Cuellar *et al*, 1999; Herrador y Dimas, 2000; FAO, 2003).

Costa Rica, en su Constitución, define que es el Estado el que debe compensar a los propietarios de los bosques por los servicios ambientales que estos proveen, para retribuir los valores que la sociedad le otorga a aquel, tanto en el ámbito local como internacional (Tattenbach, 1998). Es de anotar que otras de las fuentes de las cuales provienen los recursos económicos para el PSA en Costa Rica es el recaudo de un tercio del monto del impuesto selectivo de consumo a los combustibles e hidrocarburos, los recursos de la cooperación internacional y la venta de servicios que se realizan a escala nacional e internacional. Finalmente, en este país las modalidades o categorías bajo las cuales se pagan los servicios ambientales a los propietarios de bosques y plantaciones forestales son: protección de bosque, reforestación, manejo de bosques y plantaciones establecidas (INBio, 2006).

Otra experiencia de pago por servicios ambientales es la México, con campesinos de Chiapas, Oaxaca o ejidatarios de Michoacán, relacionadas con la venta de la captura de carbono a una compañía francesa que promueve carreras de autos, la venta de un paquete que incluye el cuidado del hábitat de las mariposas Monarca, la venta de un paquete que incluye el cuidado del hábitat de animales silvestres que son objeto de caza, iniciativas para la creación de un Parque Nacional donde se ofrece el servicio de cuidado del bosque para asegurar el suministro de agua a los sistemas de riego y la presa hidroeléctrica de la misma cuenca y el ofrecimiento a instituciones de investigación y compañías farmacéuticas del conocimiento para la conservación in situ de plantas con potencial medicinal (FORD y PRISMA, 2002).

Distintos ejercicios de valoración económica de bienes, como madera y leña, y servicios ambientales, como suministro de agua potable para consumo humano y productividad hidroeléctrica, se desarrollan también en El Salvador. Allí la valoración se hace sobre las coberturas de bosque de la cuenca alta del río Lempa, bosque natural que fuera intervenido tras el establecimiento de plantaciones forestales y cafetales (Rosa *et al*, 1999). Otro caso en el mismo país, que parte del reconocimiento de los servicios ambientales como la protección de la cantidad y calidad del agua, es el desarrollado en el marco de un proyecto de instalación de sistemas de agua potable en dos cantones del municipio de San Francisco Menéndez, en donde se estableció un convenio mediante el cual los usuarios se comprometen a pagar una tarifa mensual para cubrir los gastos de administración, operación y mantenimiento del sistema (Herrador y Dimas, 2000).

El Salvador, Honduras y Nicaragua, en un esfuerzo mancomunado con el objetivo de mejorar los ingresos de pequeños y medianos productores, promovieron la agricultura sostenible en las zonas de laderas de estos países. Para ello se adoptaron tecnologías de manejo sostenible de los suelos y del agua en fincas de pequeños productores y establecieron 10 acciones piloto de pago por servicios hidrológicos, a nivel municipal, teniendo en cuenta su impacto en el desarrollo rural, mediante el Programa para la Agricultura Sostenible en las Laderas de América Central PASOLAC, con el fin de desarrollar mercados locales de oferta y demanda de estos servicios ambientales hidrológicos (Pérez, 2000).

También en Nicaragua, el Estudio de Valoración Económica de la Oferta y Demanda Hídrica del Bosque en que nace la fuente del río Chiquito, llegó a un compromiso con los actores sociales por el que se compensó al propietario para evitar la tala del bosque; allí, el

valor de la oferta hídrica se estimó a través del valor de la protección y mantenimiento del bosque y el valor del agua según su uso directo; el estudio se apoyó en la utilización de datos estadísticos o la opinión directa de los consumidores por medio del método de valoración contingente (Barzev, 2000).

Otro caso de valoración conjunta de servicios ambientales hídricos es el de la región binacional denominada La Amistad, en tierras altas de Panamá con Costa Rica, zona de varias cuencas y donde coinciden numerosos ríos, en la cual se realizó la evaluación del potencial del agua como un servicio medioambiental económicamente significativo para las comunidades. El componente económico se basa en un modelo bioeconómico que mide el cambio en el rendimiento de la actividad económica de interés, a partir de un indicador hidrológico; el resultado fue un análisis de productividad a partir de cual se infieren los beneficios marginales del cambio en las variables hídricas, para poder estimar el valor económico local de los servicios hidrológicos brindados por cuencas forestales protegidas; posteriormente, se analizó la disponibilidad a pagar a través de métodos de valoración apoyados en encuestas (Carazo, 2003).

En Ecuador, en la provincia de Tungurahua, se implementó el PSA hídrico en una zona piloto; la propuesta implicaba mejorar la disponibilidad y el servicio de agua optimizando su administración, manejo, distribución, acceso y uso, por medio del desarrollo de estrategias integrales de manejo de cuencas para mantener la oferta y demanda, conservar el recurso y aumentar el bienestar social de la población. La propuesta consideró alternativas económicas para el aprovechamiento sostenible de los recursos creando un fondo para el PSA; la tarifa se definió por medio de una metodología multidisciplinaria y participativa, que incluía el contexto socioeconómico y cultural de la zona, de suerte que el PSA se ajustara a las particularidades del lugar y fortaleciera los sectores

socioeconómicos más débiles; además, se solicitó una estrategia política, con el fin de facilitar las condiciones institucionales necesarias y así apoyar el funcionamiento eficiente y contribuir a una distribución equitativa de los beneficios (CEP, 2002).

En Colombia, en la Laguna de Fúneque al norte de Bogotá, un estudio de valoración analizó las externalidades relacionadas con la dinámica hidrológica, con el propósito de apoyar una nueva forma de desarrollo rural a partir de transferencias del sector urbano, justificadas por un cambio positivo en la provisión de los bienes y servicios ambientales que esta cuenca ofrece y con la participación de la autoridad ambiental. Se utilizó un esquema experimental de teoría de juegos en economía, para contextualizar el conflicto y luego determinar cuál era la disposición a cooperar frente a la disyuntiva sobre el uso y el manejo de recurso hídrico. En este caso también se resaltó la importancia de monitorear y evaluar los cambios tecnológicos e institucionales, acordados previamente por los actores (Estrada *et al*, 2004).

También en Colombia se cuenta con el caso del Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, que ha participado con otras entidades en el tema de valoración económica con énfasis en la biodiversidad (IAvH, 2001). El Instituto mencionado ha implementado una metodología que cuenta con poca aplicación en países en desarrollo: la técnica de valoración *conjoint* o valoración asociada para la estimación del valor de los bienes y servicios que no tienen precio de mercado (IAvH, 2001); algunos ejemplos de su utilización corresponden a la estimación de los servicios ambientales derivados de la biodiversidad dentro del contexto urbano, en el proyecto "Valoración de los servicios ambientales de un programa de arborización en el Parque Simón Bolívar" y la estimación del valor de los beneficios derivados de la conservación de ecosistemas considerados como bienes comunes locales en la Costa Pacífica (municipio de Nuquí), en la zona cafetera (municipios de Circasia

y Finlandia) y en la región Andina (municipio de El Encino), así como para evaluar la disponibilidad a cooperar y cómo ésta es afectada, a su vez, por los diferentes factores ecológicos, económicos e institucionales en la gestión de los bienes de los usuarios directos de ecosistemas en un programa para su conservación (IAvH, 2001).

Continuando con Colombia, existen otras experiencias para el diseño de instrumentos de política e incentivos para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, como se muestra a continuación:

- La valoración y diseño de políticas económicas para la gestión de la biodiversidad a nivel local, desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación y el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, en el cual se evaluaron los límites y alcances de cada una de las técnicas disponibles de valoración económica, la naturaleza económica de la biodiversidad (sobre todo cuando la biodiversidad tiene implícitos los aspectos de complejidad biológica y social, de multifuncionalidad de los bienes y servicios, de irreversibilidad y de impacto a diferentes escalas espaciales), los aspectos ligados a la descentralización y sus implicaciones en términos de la gestión local de los recursos naturales (Hernández, 1996; Hernández *et al.*, 1998).
- El análisis de la viabilidad económica e institucional de una estrategia de conservación de los bosques de roble de los municipios de El Encino y Charalá (Santander) y evaluación de la exención del impuesto predial como instrumento de apoyo a la implementación de dicha estrategia. Estudio realizado por la Fundación Natura y el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt (Hernández y Penagos, 2004).

- Una propuesta de incentivos a la conservación de humedales como sitio Ramsar: Laguna de La Cocha (Nariño), cuyo principal objetivo era apoyar las propuestas de estrategias de conservación del humedal La Cocha, a partir del diseño y compromiso de implementación de instrumentos de política para el manejo sostenible del área y su biodiversidad; ejecutada por el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt en convenio con el Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF (Moreno, 2004).
- Mecanismos para el manejo colectivo de los bienes y servicios de la microcuenca de Chaina (Alcaldía de Villa de Leyva – IAVH – Universidad Javeriana). El estudio se realizó en la microcuenca de Chaina (Boyacá) y tuvo como objetivo principal la identificación de los mecanismos de manejo colectivo de los bienes y servicios generados por ésta, siendo los más destacados aquellos derivados de los bosques y la biodiversidad asociada, así como el agua, uno de los elementos de mayor importancia estratégica y fuente de conflicto entre diferentes actores sociales (Hernández y Ruíz, 2003).

5.1.2 La estrategia de compra de tierras en el área de estudio como mecanismo para la conservación

En Colombia, la compra de predios es una de las estrategias utilizadas por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), para la conservación y manejo del agua. Para el caso CORANTIOQUIA, con el fin de conservar áreas estratégicas dentro de la zona, tiene como prioridad comprar los predios donde se ubican nacimientos de agua que abastecen sistemas de acueductos municipales,

corregimentales o veredales que poseen además características ecológicas singulares. En el proceso de adquisición de los predios, esta Corporación busca que éstos cumplan la función de regulación hídrica evaluando variables como: vegetación, que hace referencia al tipo de cobertura que posee el predio; pendiente media del predio, medida en porcentaje; población beneficiada, medida en número de usuarios que se benefician de las aguas de las corrientes hídricas; índice de representabilidad, que corresponde al porcentaje del lote en relación con el área total de la cuenca; hitos culturales, que considera si existen o no sitios de importancia cultural y de recursos naturales.

CORANTIOQUIA ha comprado varios predios ubicados en la zona de estudio (Ver tabla 41). Sin embargo, si se definiera esta estrategia de compra de predios como la única vía para lograr la conservación y el manejo del recurso hídrico, aún faltan muchísimos recursos económicos. A la fecha, estarían pendientes de comprar 2.314,24 has. Conforme a la relación uso potencial y uso actual del suelo y teniendo en cuenta que el valor promedio estimado por hectárea, que según CORANTIOQUIA (2007) es de \$4.174.094 (1.391Euros), estas supondrían un costo de \$9.659.855.299 (3.219.952Euros).

TABLA 41. Predios comprados en la cuenca del río Grande.

Municipio	Predio	Subcuenca	Área (ha)	Costo \$	Año	Valor Presente * \$ Pesos Euros
Entrerrios	La Sabana	El Peñol	5,04	32.760.000	1997	70.726.383 23.575,46
Don Matías	-	Don Matías	38,80	50.000.000	2003	68.024.448 22.674,82
Don Matías	La Guzmaná	Las Ánimas	65,30	100.000.000	2005	116.640.000 38.880,00
Entrerrios	-	La Velásquez	123,10	144.000.000	2002	211.583.243 70.527,75
Entrerrios	El Diamante/ La Cristalina	El Gallo	84,84	115.241.740	2005	134.417.966 44.805,99

Municipio	Predio	Subcuenca	Área (ha)	Costo \$	Año	Valor Presente * \$ Pesos Euros
Santa Rosa de Osos	-	La ilusión	88,00	59.678.663	2003	81.192.162 27.064,05
Santa Rosa de Osos	-	La Ilusión	105,60	101.318.250	2004	127.631.815 42.543,94
TOTAL			510,68			810.216.017 270.072,01

*Valor promedio (Correspondiente al valor presente calculado asumiendo un índice de inflación promedio para los últimos once años de 8%).
Fuente: Elaboración propia a partir de CORANTIOQUÍA, 2007.

La adquisición de predios para la conservación implica además de la compra, el manejo y la administración de estas áreas, las cuales requieren de otras inversiones que van desde el personal guardabosque, los cercos, la eventual reforestación y el pago de impuesto predial. Todos estos aspectos van sumando recursos económicos, sin contar los costos sociales que pueden presentarse por desplazamientos. Actualmente, el área para protección y conservación que está en conflicto es de 27.772 ha., tierras que deberán tener un manejo especial de suerte que se logren restaurar conforme a su vocación.

Como se puede apreciar los costos en que se incurre en el momento de implementar la estrategia de compra de tierras para la conservación son bastante altos y los beneficios no compensan los problemas asociados. Se pueden citar al menos cuatro de los inconvenientes de esta medida: el primero es el incremento del valor del suelo que se genera ante la expectativa de compra por parte del Gobierno u otras entidades. Incremento que se refleja en los altos costos de los programas de compra de tierras para protección, que deben asumir los interesados. En términos de la inversión social, una importante proporción de los recursos públicos, se están invirtiendo en estos programas, cuya eficacia, como ya se dijo, no está garantizada, especialmente en medio de la alta conflictividad social que vive Colombia.

El segundo problema, de orden social, es el desplazamiento de la población campesina propietaria de estas áreas. Está claro que esto no siempre ocurre. En ocasiones, no hay desplazamiento simplemente porque el propietario o empresario no habita en el lugar. Sin embargo cuando se afecta a la población campesina, el desplazamiento es inevitable.

El tercer problema es la dificultad de las entidades gubernamentales para administrar las áreas adquiridas. Son frecuentes invasiones, saqueos de recursos naturales y la práctica de actividades ilegales (cultivos ilícitos) en parques nacionales, áreas de reserva, santuarios de flora y fauna y otras del sistema de áreas protegidas.

El cuarto y último problema, es la reducción que puede llegar a ser significativa, de los ingresos municipales por captación de impuesto predial. Tal reducción ocurre porque es común que se exijan exenciones de esta obligación cuando el predio se destina a conservación y es de propiedad estatal o incluso privada.

Con este panorama, se abre el debate frente a la necesidad de evaluar, además de los aspectos señalados, la eficacia de la estrategia de compras para conservación, frente al reconocimiento de una “renta de la conservación” para los propietarios, no necesariamente como una estrategia alternativa, sino como una medida complementaria. En tal sentido, este trabajo se propone estimar un pago por conservación denominado “renta de la conservación” correspondiente al costo de oportunidad en la zona.

El área de estudio presenta características ecológicas de interés y vocación para la conservación, con espacios de gran valor: la alta montaña andina, los ecosistemas de páramo y humedales, zonas de alta fragilidad que indudablemente requieren ser conservadas.

Asimismo, en la cuenca la población asentada presenta unas condiciones de pobreza donde los campesinos buscan subsistir intensificando las actividades productivas. Estas actividades impactan el medio natural generando conflictos de uso del suelo, lo que a su vez vulnera condiciones ambientales principalmente por el mal manejo de los suelos, el aumento de los cultivos y la expansión de la ganadería que conduce a procesos de degradación del suelo.

La falta de empleo, los índices de pobreza, los problemas de sanidad y la alta parcelación de la tierra en el área de estudio son factores que dificultan las acciones de conservación. Las áreas destinadas a la preservación ubicadas en la cuenca del río Grande que pertenecen a la vez al área de manejo especial en la categoría de Distrito de Manejo Integrado DMI denominado “Área de Manejo Especial de Bosques Altoandinos y Páramos del Noroccidente Medio Antioqueño”, se localizan en los municipios de Belmira, Entreríos y San Pedro de los Milagros ; allí la propiedad de tierra está bastante parcelada; el 79,74% de los predios poseen un tamaño entre 0 y 15 has, como se presenta en la tabla 42.

TABLA 42. Tamaño de predios en la cuenca del río Grande ubicados en el “Área de Manejo Especial de Bosques Altoandinos y Páramos del Noroccidente Medio Antioqueño”.

Municipios	% Predios 0-15 has.	% Predios 15-75 has.	%Predios 75-200 has.	% Predios 200-300 has.	Total Predios
Belmira	74,52	18,71	5,08	1,69	1299
Entreríos	76,74	19,87	3,02	0,37	1092
San Pedro de los Milagros	93,65	5,80	0,55	0,00	724
Total	79,74	16,12	3,31	0,83	3115

Fuente: Con Base en CORANTIOQUIA contrato 7663, 2007.

Teniendo en cuenta que para el establecimiento de densidades en suelo rural se ha determinado la Unidad Agrícola Familiar -UAF-, la cual hace referencia al tamaño mínimo del predio para actividades agropecuarias, y

considerándola como una herramienta de planificación conforme a lo que ha propuesto el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural su valor resulta bastante útil para el ordenamiento territorial. Según se define en la Ley 160 de Reforma Agraria, de 1994 (República de Colombia, 1994) la UAF es “un fundo de explotación agrícola, pecuaria, forestal o acuícola que depende directa y principalmente de la vinculación de la fuerza de trabajo familiar, sin perjuicio del empleo ocasional de mano de obra contratada. La determinación de fundo depende de la extensión, conforme a las condiciones agroecológicas de la zona y con tecnología adecuada, permita a la familia remunerar su trabajo y disponer de un excedente capitalizable que coadyuve a la formación de su patrimonio. La UAF no requerirá normalmente, para ser explorada, sino del trabajo del propietario y su familia, sin perjuicio del empleo de mano de obra extraña, si la naturaleza de la explotación así lo requiere”.

La Unidad Agrícola Familiar Promedio Municipal UAFpm, según lo establece la Ley 505 de 1999 (República de Colombia, 1999), consiste en que la zona rural se estratificará por medio de la medición de la capacidad productiva promedio de los predios, con base en la UAF que debe ser calculada a partir de información recolectada por los municipios y distritos en sus dos zonas homogéneas geoeconómicas promedio.

Considerando que la UAF mixta es de 21 a 29 ha., y la UAF ganadera está entre 30 y 40 ha., para todos los municipios de la zona, se puede apreciar que la tenencia de la tierra no permite alcanzar un desarrollo económico para los campesinos del área. Por tanto el desarrollo sostenible difícilmente se logrará con estos datos económicos, sociales y ambientales de base.

5.1.3 Propuesta: Pago por el servicio ambiental de la conservación del agua. “Renta de la Conservación”

La propuesta de “renta de la conservación del agua” corresponde a una compensación al campesino propietario de las tierras que cumplen con el propósito de conservar el medio físico hídrico y es, por tanto, un pago por el servicio ambiental del agua, equivalente al mismo valor anual que obtendría el propietario si dedicara sus terrenos a la actividad productiva de la zona, y consagrara sus predios a la conservación, esto es, dejar de sembrar cultivos o explotar el predio en actividad pecuaria, pero recibir la renta que estos generarían.

La renta de la conservación es, por tanto, un canon de arrendamiento de la tierra que se paga cuando ésta se dedica a la conservación. A continuación se presenta la base teórica que sustenta este postulado.

En el siglo XVIII William Petty, fundador de la economía política, registró las bases para incluir en el modelo teórico el concepto de renta de la tierra. Consideraba Petty que el trabajo era la fuente de producción y del excedente, lo que denominaría renta, incluyendo el concepto de utilidad o ganancia. Además le dio un carácter diferencial a la renta: “Porque así como la gran necesidad de dinero aumenta el intercambio, la gran necesidad de trigo aumenta el precio de éste igualmente y, en consecuencia, el de la renta de la tierra que lo produce y, por último el de la tierra misma”. En este discurso de Petty se aprecia que pese a que él no aborda la discusión de la fertilidad de la tierra, se establece el principio de “renta diferencial”, anticipándose cincuenta años a la formulación de Ricardo y además deja claro que la renta está determinada por el precio.

John Lucke y Dudle North a mediados del siglo XVIII, basándose en el trabajo de Petty, desarrollan elementos propuestos por éste. Las investigaciones de Lucke y North son de gran importancia debido a las implicaciones sociales y políticas de sus análisis de la renta y el interés; sin estar dirigidos a atacar a la clase terrateniente, permitieron debilitar este modelo basado en la pretensión de la propiedad territorial y terminaron favoreciendo la propiedad privada como institución fundamental del capitalismo (Manrique 1998). En esta época el propietario de la tierra se convierte en capitalista que emplea trabajadores, de tal forma que se yuxtaponen capital y trabajo, es decir, utilidades y salarios. En estos términos para Turgot “el salario del trabajador será determinado por la cantidad de subsistencias que necesita (el *stric nécessaire* que aparece en los escritos de los fisiócratas); pero la generosidad de la naturaleza le dará más que eso, y el excedente será la renta del propietario. Con esta renta se lleva a cabo la acumulación. El capital está creado y se hacen hábiles adelantos para el progreso de la industria y para el perfeccionamiento de la agricultura”. (Turgot, 1766, citado por Mora, 1989). De otro lado, se iniciaría una nueva era de la humanidad: el capitalismo industrial, formado a partir de la convergencia de los desarrollos sociales, políticos y económicos unido a los inventores y técnicos, que permitirían un nuevo orden económico y orientación social. Al Final de este siglo se destaca la publicación de Adam Smith “Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones”.

Hasta esta época los trabajos de Cantillon y Steurat y las contribuciones de la primera escuela económica o de los fisiócratas, no aporta elementos para el concepto. Sin embargo, sí aporta elementos para la obra de Adam Smith, quien establece que la renta es un precio que se paga por el uso de la tierra o del recurso natural. Señala Smith que: “el valor real de todas la mercancías se resuelve, por lo tanto, en tres partes componentes: salarios, utilidades y renta [...]; los salarios, las utilidades y la renta no son sólo las únicas

fuentes de ingresos de las diferentes clases sociales, es decir, las formas en que se distribuye el valor de las mercancías, sino que se convierten también en las “tres originarias [...] de todo valor de cambio” (Smith, 1776. La Riqueza de las Naciones (The Wealth of Nations)). Finalmente concluye que la renta es consecuencia de los precios y no su causa, corroborando lo expresado por Petty, asimismo, lo referente a que la renta es puramente diferencial anticipándose al igual que Petty a David Ricardo.

Smith, además, establece elementos fundamentales en la construcción del concepto aclarando que “la renta de la tierra no sólo varía por razón de la fertilidad del terreno, sea el que fuere su producto o producciones, sino por razón de su situación, sea la que fuere su fertilidad”. Afirmación ésta que parece ser la base de la teoría de la renta diferencial tratada posteriormente por Ricardo y por Marx.

Cuarenta años después del trabajo de Smith, en Inglaterra el crecimiento económico de los industriales con deseos de poder y mayor prestigio social se enfrenta a la aristocracia de los terratenientes, rica poderosa y muy excluyente. Problema éste que se arraigaba con el aumento de los precios de los cereales en medio de las condiciones de guerra con Napoleón, malas cosechas y altos precios, que causaron malestar en los industriales que disminuían sus ingresos por mantener a la clase trabajadora. Al intento de los industriales por importar, los terratenientes que tenían el poder lograron establecer “leyes de granos” que incrementaron los aranceles a medida que los precios bajaban, logrando un control por 30 años. Dicho conflicto fue la motivación de los trabajos de David Ricardo, quien concluye que los primeros beneficiarios de la renta son precisamente los terratenientes, a expensas de los demás.

Para Ricardo, de acuerdo con Klimowsky (1985), la renta sólo puede ser entendida en el contexto de una teoría que determine la tasa de ganancia o del valor de cambio. Razón por la cual se reconoce que

Ricardo es el primero en introducir en forma integral estos conceptos en un sistema teórico general, donde el principal problema es la compresión de las leyes que regulan la distribución del ingreso.

Ricardo señala que la renta es “aquella parte del producto de la tierra que se paga al terrateniente por uso de las energías originarias e indestructibles del suelo” (Ricardo, 1817. Principios de Economía Política y Tributación). Pero como la tierra no es ilimitada en cantidad (extensión) ni en calidad (fertilidad) y la población aumenta exigiendo el cultivo de nuevas tierras, si la demanda es abastecida por las tierras de primera calidad, la renta aparecerá sólo en estas cuando se incorporen tierras de menor calidad, a fin de atender las necesidades de la creciente población. De esta manera, la renta aparece porque para producir igual cantidad de un mismo bien, se deben emplear diferentes cantidades de capital y trabajo.

En otras palabras la renta es lo que paga en dinero o en frutos el arrendatario por el concepto de alquiler. Es la utilidad o beneficio que rinde anualmente una cosa como puede ser una vivienda en alquiler o una tierra arrendada para fines agrícolas. Así pues, la renta la recibe el propietario de cualquier tipo de recurso natural, referido a la tierra inicialmente pero aplicable luego a cualquier otro recurso natural. Existen dos clases de renta: renta absoluta y renta diferencial. La renta absoluta “se da si, y en la medida en que, la cantidad total de tierra disponible de un determinado sistema económico es menor que la cantidad que se necesita” (Napoleoni, 1977). De acuerdo con Napoleoni, la renta diferencial es una renta que algunos propietarios perciben además de la renta absoluta.

Para Marx, la renta se paga por el uso de los objetos naturales “ya recaiga este uso sobre las fuerzas originales de la tierra, sobre la fuerza de gravedad de un salto de agua, sobre un terreno para construir o ya se refiera a los tesoros escondidos en el agua o en las entrañas de la tierra”.

Marx señala que la renta puede ser diferencial o absoluta. La renta diferencial puede producirse por la inversión de capitales iguales en iguales superficies de tierra de distinta calidad (renta diferencial I), o realizando inversiones sucesivas de capital en la misma tierra (renta diferencial II).

Los factores determinantes de la renta diferencial que son además independientes del capital, según Ricardo, son la fertilidad de la tierra y su ubicación. Entre tanto, para Marx el factor clave de la situación, considerando países moderadamente colonizados, se refiere a la fertilidad natural-económica o naturaleza-social por oposición a las “fuerzas originales e indestructibles de la tierra” postuladas por Ricardo, cuando advierte que sólo las tierras “más fértiles y mejor situadas son las que primero se cultivan” dado que son condiciones imposibles de corregir en un país como el planteado.

Para Marx, la renta diferencial puede formarse con precios agrícolas crecientes, o constantes decrecientes y la cuota media de la ganancia descendiente, constante o ascendente. Quedando sin fundamento el primer postulado de la renta diferencial desde West Maltus y Ricardo: “que la renta diferencial implica siempre, necesariamente el tránsito a tierras cada vez peores o a la fertilidad sin cesar decreciente de la agricultura”. La renta diferencial I, es decir la asociada a la inversión de capital total en tierras de distinta calidad, sobre la base de un determinado capital por unidad de superficie, es un producto de la competencia del capital.

Marx en su análisis muestra cómo la renta absoluta se deriva de la renta diferencial, que esta última no alcanza a explicar. La renta diferencial postulaba que las tierras marginales de peor calidad no podían generar renta, sin embargo, para la época en Inglaterra “todas las tierras tienen un precio y arrojan una renta incluyendo las más estériles o las más alejadas. Es necesario por lo tanto explicar este hecho y crear una categoría que dé cuenta de él” (Jaramillo, 1994).

En posteriores desarrollos y concretamente en trabajos relacionados con la renta hidroeléctrica, se aprecia como la propiedad territorial (es en principio de carácter jurídico, que como derecho le otorga al propietario la potestad de explotarlo o no, generando un desequilibrio en la oferta total de bienes producidos) está directamente relacionada con los derechos que entes como las regiones o las provincias pueden hacer efectivos como una restricción al uso de un recurso presente en su territorio, como por ejemplo el agua.

En el caso de la tierra urbana se pueden presentar problemas cuando se trata de recursos naturales agotables o que se puedan agotar como el agua para el consumo, si no se mantienen las fuentes productoras. En este sentido Gray señala: “parece claro entonces que bajo el supuesto ricardiano, la renta puede referirse a solo una pequeña parte dentro de la categoría total de los objetos naturales [...]. La relación entre el supuesto de agotamiento y la teoría de la renta, depende en gran parte de la posibilidad de evitar el agotamiento en lo que respecta a un sitio dado” (Gray, 1990).

Con el trabajo de Gray se observa una preocupación por algunos autores para determinar hasta qué punto la escasez de los recursos naturales pone en cuestión los supuestos básicos, en particular la ausencia del precio para recursos como el agua y la inagotabilidad de ésta como elemento natural que interviene en los procesos productivos que generan renta.

En este sentido, para Sraffa los recursos naturales en los procesos productivos son importantes porque: “ocupan una posición semejante a los no básicos por el hecho de no ser producidos aún cuando son indispensables para la producción” y porque “la peculiaridad de ser escasos faculta a sus propietarios para recibir renta” lo que reafirma lo expuesto por Marx (Araque, 1995).

Para el estudio de la renta de los recursos naturales se parte de que estos son de carácter originario, pues no resultan de ningún proceso productivo; son algo así como “regalos de la madre naturaleza” con los que cuenta un país o una región; otra característica es que como tal no se pueden reducir. Al relacionar la existencia con la utilización de los diferentes recursos, estos dependen del estado de desarrollo de la demanda social y de las técnicas de producción. Resulta compleja la noción de la renta de los recursos naturales que cada vez adquiere diferente manifestación de acuerdo con las particularidades que asume la intervención del capital y las características que asume la formación de excedentes, en los diversos procesos de producción de bienes.

Los trabajos realizados permiten visualizar la importancia del tema de la renta de los recursos naturales y la formación de la misma cuando estos se incorporan al sistema de precios de producción, a la vez que permiten recrear los conceptos a la luz de nuevos horizontes aplicables a la ordenación del territorio.

A continuación se retoman algunas de las definiciones de diferentes tipos de renta existentes, que sirven como base para la conceptualización de la renta de la conservación.

Tipos de Renta:

Renta disponible: proporciona un conocimiento exacto de la suma de que disponen los hogares con fines de consumo y ahorro (Tamames, 1980).

Renta fija: rendimiento de un título valor, fundamentalmente obligaciones cuya remuneración anual no depende de los resultados de la empresa, sino que está predeterminada en el momento de la edición (Tamames, 1980).

Renta de situación: se refiere a las ventajas que proporciona a un país o a un productor concreto el hecho de estar situado de forma contigua a un área de prosperidad, lo cual facilita la venta de sus productos (Tamames, 1980).

Renta urbana: se distingue según Marx: "...por el carácter tangible que presenta en este caso la total pasividad del propietario, cuya actividad se reduce (sobre todo, tratándose de minas) a explotar los progresos del desarrollo social, a los que, a diferencia del capitalista, no contribuye en lo más mínimo y en los que no arriesga nada" (Marx, 1921, El Capital. Tomo III).

Se encuentra especulación urbana basada en la retención de suelos urbanos y suburbanos en lotes sin explotar económicamente, en venta de la tierra diferencial II capitalizada; es decir de las mejoras permanentes de la tierra y en la venta de la tierra asociada a terre-capital; cuando el especulador compra edificios de apartamentos para vender y cobra a los compradores, además del precio de producción de la casa y la terre-capital actualizada, la renta diferencial II capitalizada (Arango, 1975).

De acuerdo con Arango (1975), la renta urbana es importante principalmente en cuanto el alquiler de la vivienda es una parte integrante del costo de producción de la fuerza de trabajo urbano. Y su importancia es de carácter secundario al tratarse del suelo urbano ocupado por la burguesía y demás clases dominantes; en este caso, la renta está asociada a la plusvalía ya producida entre la burguesía y los propietarios territoriales.

Como lo plantea Marx, la tierra urbana no opera como un medio de producción natural, como en el caso de la agricultura, la ganadería y la industria extractiva, sino como el espacio obligado para el desarrollo de la vida humana y la realización de todas las actividades productivas y no productivas que esta supone. Para satisfacer la necesidad de

espacio se precisa pagar un tributo a la propiedad territorial, la renta del suelo urbano. Como la tierra urbana no interviene en el proceso de producción de las mercancías, no puede ser el resultado de la formación de un precio de producción regulador del mercado, ni conformar parte del valor de las mercancías convertido en renta por la acción de la propiedad territorial. Por lo tanto, la renta urbana es una transferencia de plusvalía de los sectores productivos a los terratenientes, independiente del precio de las mercancías.

Renta de la Conservación. Se propone como un nuevo tipo de renta, asociada al destino de un territorio para fines de conservación de recursos naturales o procesos ecológicos complejos.

De la revisión anterior se deduce que, como tal, no existe un concepto formal de renta de la conservación, que como se definió anteriormente, es un pago por externalidades que ocurre gracias al destino de un territorio para fines de conservación de recursos naturales o procesos ecológicos complejos. Es decir, se podría definir, como el precio que se paga por el uso de la tierra, cuando ésta se destina a la protección y conservación de un recurso natural o un ecosistema.

Destaca el concepto de renta de Petty, según el cual, “ así como la gran necesidad de dinero aumenta el intercambio, la gran necesidad de trigo aumenta el precio de este igualmente y, en consecuencia, el de la renta de la tierra que lo produce y, por último, el de la tierra misma.” Parafraseando a este autor, para extender el concepto al conjunto de los recursos naturales y en particular al agua, tendremos que, así como la gran necesidad de dinero aumenta el intercambio, la gran necesidad de agua aumenta el precio de esta igualmente y, en consecuencia, el de la renta de la tierra que la produce y, por último, el de la tierra misma.

Se propone, pues, el pago por compensación para la conservación; este pago corresponde al reconocimiento de la rentabilidad de la actividad productiva que mayores rendimientos genere en la zona.

5.2 ESTIMACIÓN DE LOS PAGOS POR CONSERVACIÓN

Para el caso de estudio, en la cuenca del río Grande se propone comprar algunos predios ubicados en las zonas definidas para conservación por CORANTIOQUIA, pertenecientes al área de manejo especial del “Distrito de Manejo Integrado (DIME) de Páramos y Bosque Alto-andino del noroccidente medio antioqueño”, y establecer el mecanismo de compensación en las áreas de aprovechamiento actual que se encuentran en conflicto de uso y deberían estar en preservación, conservación o recuperación para la protección. Básicamente esta estrategia se propone para la unidad de paisaje A.

Otra de las acciones que incluye la propuesta es la de comprar predios mayores de 40 ha, ubicados en zonas definidas para la conservación, y compensar mediante un pago por conservación a los propietarios de aquellas áreas donde la propiedad tiene menos de 40 ha. De esta manera, la estrategia de compra de predios se mantiene conforme la actual política de la Corporación en términos de la declaración de área de manejo especial, eso sí con la condición de que sean predios mayores a 40 hectáreas, teniendo en cuenta que esa es la unidad agrícola familiar calculada en la zona, de forma tal que los propietarios que poseen predios de menor extensión no tengan que dejar sus tierras y por el contrario puedan seguir viviendo allí con la garantía de un mejor sustento a partir de una alternativa económica y ambiental como es el pago por conservación, al lograrse el cambio de uso del suelo en aquellas zonas. Se propone combinar estas estrategias en las diferentes unidades de paisaje con acciones concretas como se presenta en la tabla 43.

TABLA 43. Acciones para la gestión por unidades de paisaje. 2008

PROPUESTA DE GESTIÓN	ACCIONES	UNIDAD PAISAJE	ÁREA A GESTIONAR (ha)
Mantener la actual política	Mantener el usos actual en bosque de roble	A	4532,49
Compra y compensación por conservación	Sembrar bosque	B	1104,17
	Regeneración natural	E	1020,78
Incentivar la conservación		L	1606,43
	Reemplazar pastos por bosque	C	1517,39
		F	2624,13
		J	918,40
		D	7808,78
	Mantener el usos actual en plantaciones protectoras productoras	G	3088,49
		H	6071,55
		I	178,74
		K	6071,55

Obsérvese que, según la tabla 43, para cada propuesta de gestión puede corresponder una o varias acciones según las características específicas de cada unidad de paisaje (figura 125).

Los pagos por conservación corresponderán a una renta estimada a partir del costo de oportunidad de la actividad más productiva en la zona y distribuida de manera diferencial según la oferta ambiental y la vocación de la tierra para el mantenimiento y la conservación del recurso hídrico. La renta de la conservación se expresa en porcentaje y se calcula para cada unidad de paisaje.

Para estimar los pagos correspondientes a la renta de la conservación se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Ubicación de las áreas a conservar en la cuenca
2. Zona declarada de protección
3. Proporción de terreno protegido dentro de una propiedad

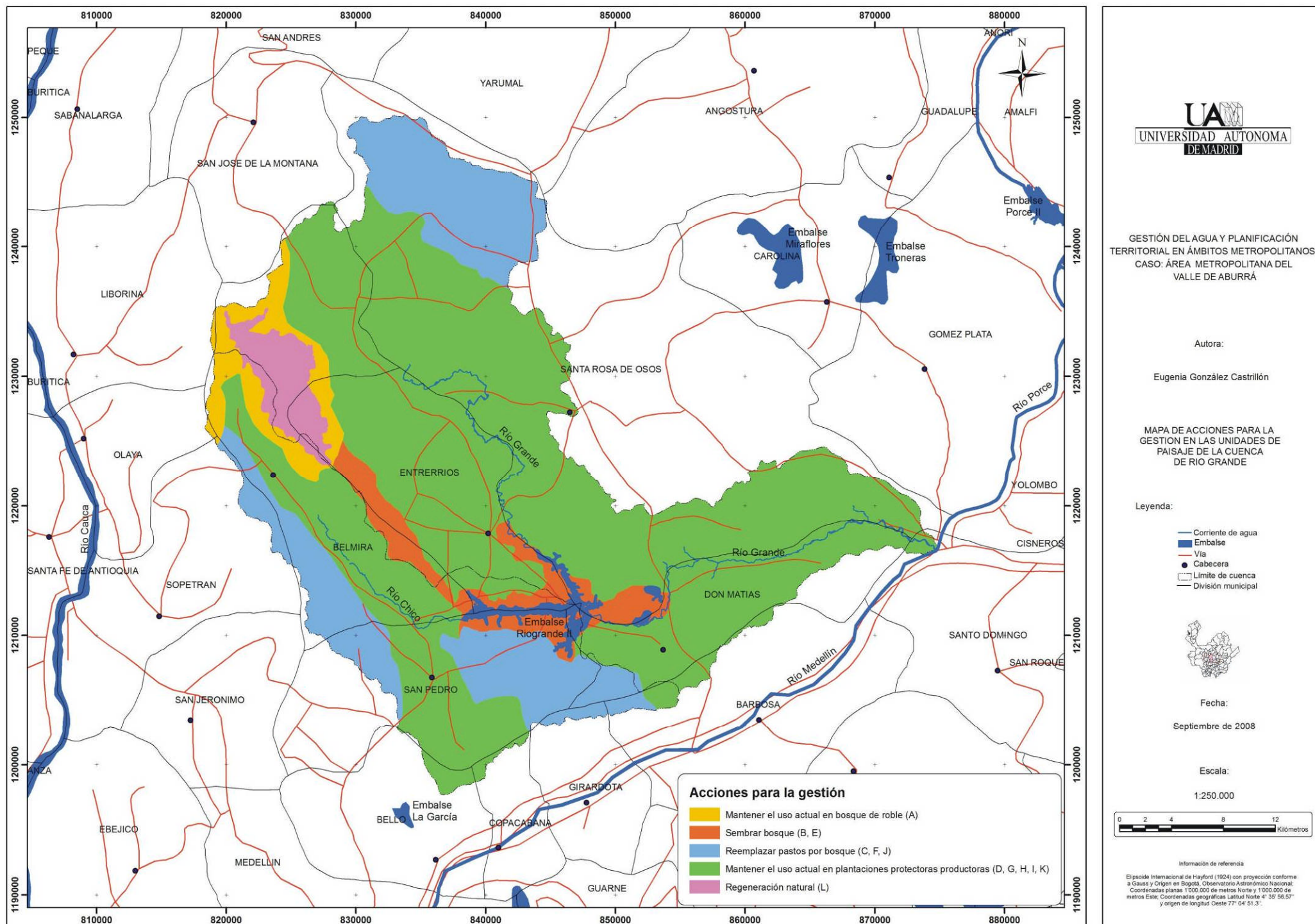


FIGURA 125. Mapa de acciones para la gestión en las unidades de paisaje de la cuenca de Río Grande. Fuente: la autora, 2008.

La ubicación de las áreas a conservar en la cuenca tiene su importancia en relación con la función que cumplen las partes altas de la cuenca, por lo que se da prioridad a estas zonas, pues se puede decir que es allí donde se originan las fuentes de agua. Para este caso se tiene el siguiente orden de importancia de mayor a menor por unidad de paisaje:

- L. Unidad páramos y arbustales del bosque alto andino en vertientes planas a escarpadas en la parte alta de las cuencas del los ríos Grande y Chico.
- A. Unidad bosque de roble en vertientes onduladas a planas en la parte alta de las cuencas del los ríos Grande y Chico.
- B. Bosques intervenidos en la vertiente escarpada y acolinada en la parte alta de la cuenca del río Grande.
- C. Rastrojos altos, pastos y parches de bosque natural intervenido en el sistema de filos y cerros de la cuenca del río Chico.
- D. Pastos en las vertientes acolinadas y onduladas a ambos lados del río Chico.
- E. Bosques plantados
- F. Pasto, rastrojo y cultivos sobre colinas
- G. Rastrojo alto en colinas altas y bajas en la cuenca del río Grande
- H. Cultivos en vertientes planas del río Grande
- I. Pastos en colinas medias y altas en la cuenca del río Grande
- J. Pastos, rastrojos y bosque de roble en vertientes acolinadas en la cuenca alta del río Grande
- K. Pastos en colinas bajas y en superficies de sedimento a pequeñas manchas de roble.

Conforme a lo anterior en una escala de valor la unidad L (Unidad páramos y arbustales del bosque alto andino en vertientes planas a escarpadas en la parte alta de las cuencas de los ríos Grande y Chico) es la de mayor importancia para efectos de la conservación; de hecho es allí donde se ubican los nacimientos de los ríos Grande y Chico, es también la parte más alta del altiplano y donde se concentran los ecosistemas de humedales y de páramo. A este criterio se le asigna una puntuación como se presenta en la tabla 44, a fin de lograr una valoración según su importancia en la zona de estudio.

TABLA 44. Escala de puntuación para el criterio 1.

Criterio 1. Ubicación de las áreas a conservar en la cuenca	
Unidad de paisaje	Puntuación
L	12
A	11
B	10
C	9
D	8
E	7
F	6
G	5
H	4
I	3
J	2
K	1

El segundo criterio, consistente en si la zona es declarada de protección, resulta de gran importancia ya que sobre estas áreas existe un interés previo de preservación por su función ecológica y ambiental; de hecho, esta característica obliga a su conservación. Para el caso que nos ocupa, las áreas declaradas como Distrito de Manejo Especial de Bosques y Páramos Altoandinos del noroccidente medio antioqueño se ubican en la parte alta y media de la cuenca. Comprenden principalmente los territorios de los municipios de Belmira, Entreríos y San Pedro. Las unidades de paisaje se pueden jerarquizar, con respecto a este criterio, como se presenta en la tabla 45.

TABLA 45. Orden de importancia de las unidades de paisaje con respecto a la declaratoria de área protegida. 2008

ORDEN	UNIDAD DE PAISAJE
1°	A
2°	L
3°	B
4°	K
5°	D
6°	C
7°	E
8°	G
9°	F
10°	H, I, J

Como se aprecia en la tabla anterior, la unidad de paisaje A reviste la mayor importancia con respecto al criterio de “Zona declarada de protección”, seguido de la unidad L. De hecho toda la superficie de estas unidades forma parte de la declaración de Distrito de Manejo Integrado, definida por CORANTIOQUIA; a estas le siguen las unidades que tienen parte bajo estas denominaciones hasta el noveno puesto. Mientras que las unidades H, I y J, ubicadas en el décimo, lugar no poseen superficie alguna declarada. En la tabla 46 se presenta la puntuación correspondiente a cada unidad, conforme la evaluación de este criterio.

TABLA 46. Escala de puntuación para el criterio 2.

Criterio 2. Zona declarada de protección	
Unidad de paisaje	Puntuación
A	10
L	9
B	8
K	7
D	6
C	5
E	4
G	3
F	2
H	1
I	1
J	1

El tercer criterio, es decir, la proporción de terreno protegido dentro de una propiedad pretende reconocer un mayor valor a aquellos predios ubicados en zonas definidas para la preservación; se tiene en cuenta para esto el tamaño de la propiedad y el porcentaje de su extensión destinada a conservación. Para el caso, considerando el número de viviendas por unidad de paisaje se puede ordenar de mayor a menor conforme se presenta a continuación en la tabla 47.

TABLA 47. Orden según el tamaño de la propiedad en cada unidad de paisaje. 2008

ORDEN	UNIDAD DE PAISAJE
1°	A
2°	L
3°	J
4°	B
5°	G
6°	C
7°	K
8°	F
9°	H
10°	E
11°	D
12°	I

La evaluación de este criterio se hace con una puntuación de 1 a 12 como se presenta en la tabla 48.

TABLA 48. Escala de puntuación para el criterio 3. 2008

Criterio 3. Proporción de terreno protegido dentro de una propiedad	
Unidad de paisaje	Puntuación
A	12
L	11
J	10
B	9
G	8
C	7
K	6
F	5
H	4
E	3
D	2
I	1

Realizadas las evaluaciones conforme a los criterios se obtiene la siguiente puntuación por unidad de paisaje y se pasa a definir en cada unidad la renta, expresada en porcentaje que se puede pagar anualmente por la conservación como se observa en tabla 49.

TABLA 49. Renta para cada unidad de paisaje. 2008

UP	Puntuación total	Renta %
A	33	7
B	27	6,5
C	21	6
D	16	5,5
E	14	5,5
F	13	5,5
G	16	5,5
H	9	5
I	5	5
J	13	5,5
K	8	5
L	32	7

Con los resultados de porcentaje a reconocer como renta por unidad de paisaje de la tabla anterior y según las acciones de gestión propuestas en la correspondiente tabla, se pueden ofrecer estos incentivos a la conservación y calcular la mejor inversión. En la figura 126 se presenta el pago estimado en porcentaje correspondiente a la renta de la conservación en cada unidad de paisaje y en la tabla 50 se presentan los valores estimados por hectárea anuales que se deberían pagar por concepto de dicha renta.

TABLA 50. Valor estimado de la renta por hectárea al año. 2008

Renta	Valor estimado de	Valor estimado de
%	la renta	la renta*
	\$ / ha / año	€ / ha / año
7,0	292.186,58	97,40
6,5	271.316,11	90,44
6,0	250.445,64	83,48
5,5	229.575,17	76,53
5,0	208.704,70	69,57

* El valor del Euro se calculó con una equivalencia \$3.000 pesos colombianos por un Euro.

De esta manera queda definida técnica y metodológicamente la propuesta de gestión del área proveedora del servicio ambiental del agua al área metropolitana del valle de Aburrá, a partir de la cual se podrán implementar las diferentes acciones de gestión. En las que la participación de los diferentes actores sociales deberán ser involucrados junto con las entidades relacionadas con la gestión del agua como lo son: la autoridad ambiental CORANTIOQUIA, la entidad prestadora del servicio de agua potable al AMVA Las Empresas Públicas de Medellín; la entidad administrativa El Área Metropolitana del Valle de Aburrá; las entidades territoriales los municipios de la región Belmira, Santa Rosa, Don Matías, Entreríos y San Pedro.

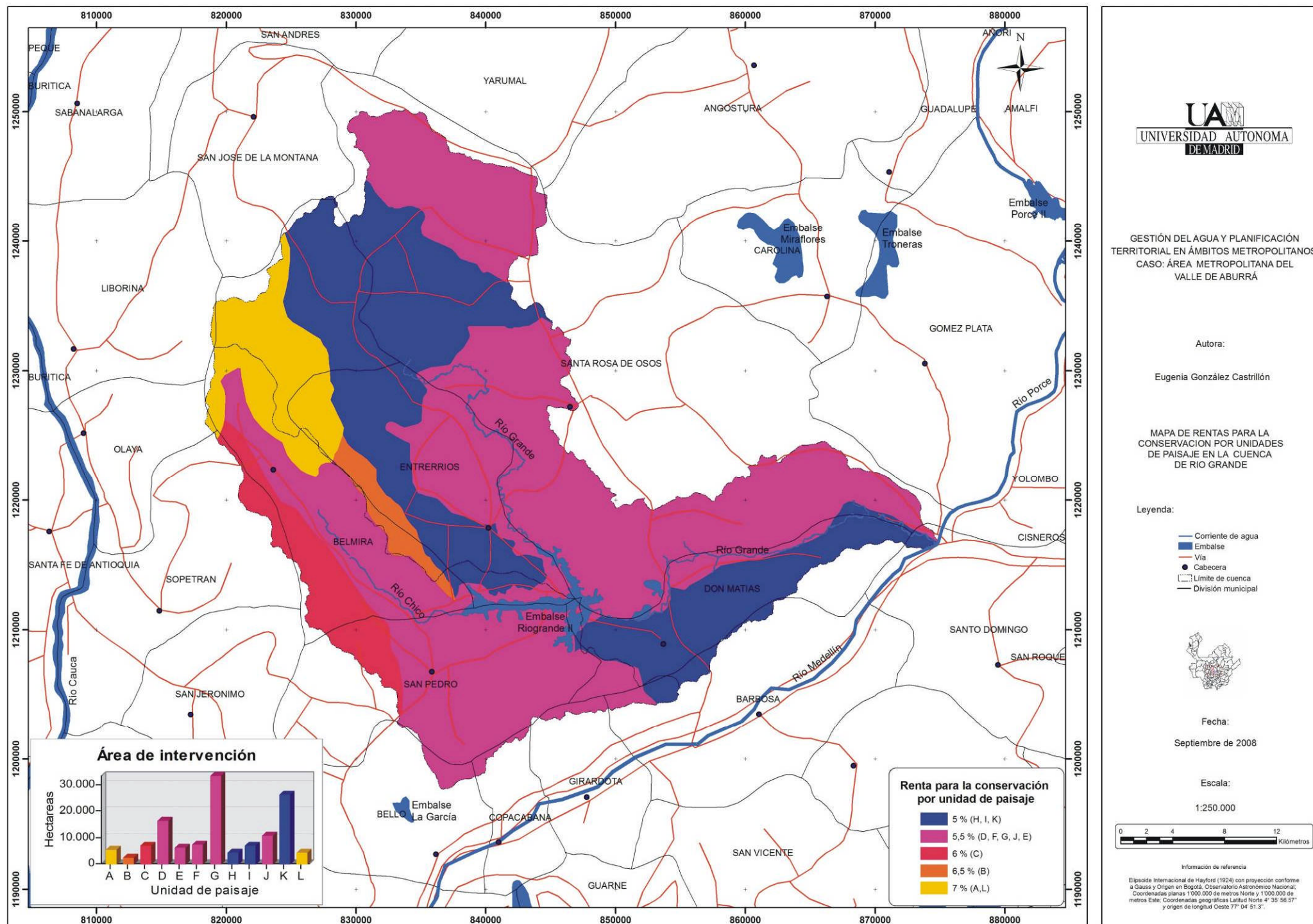


FIGURA 126. Mapa de rentas para la conservación por unidad de paisaje en la cuenca de Río Grande. Fuente: la autora, 2008.

Lograr la articulación de las instituciones hacia la gestión adecuada del recurso hídrico a través de la planificación y ordenación del territorio permitirá garantizar el preciado fluido tanto en el campo como en la ciudad y, además, avanzar hacia el desarrollo del sector rural en la región dentro de esta nueva expresión de multifuncionalidad del sector. Situación que repercutirá en el entorno regional fortaleciendo la base social y su desarrollo integral.

RESULTADOS

Para satisfacer la demanda de agua de la población del valle de Aburrá se requiere un caudal de reparto de 3.603.639 m³/día, al menos en el período estimado hasta el año 2035 conforme se ha podido ver en los diferentes escenarios de este estudio, una vez realizado el balance hidrológico (numeral 4.6.1). Si bien es cierto que la cantidad de agua no es un limitante, ni aun en el caso más pesimista, hay que reconocer que en el escenario más inmediato con el aumento en los consumos diarios de agua por parte de la población y la expansión de la frontera agropecuaria se estaría copando la máxima capacidad instalada. Ello nos permite asegurar que se deberán hacer mayores inversiones para llevar el agua a toda la población, situación que se reflejará indudablemente en las tarifas.

Es posible que se presente una reducción de los caudales por fenómenos climáticos como, por ejemplo, cambios en la temperatura, que afectarían la precipitación y la evapotranspiración trastocando el ciclo hidrológico, o por las relaciones agua-suelo-plantas y ganado-suelo que perturban las condiciones del recurso suelo, que aunque no agoten el recurso hídrico están incidiendo en la calidad dados los procesos de erosión asociados. Adicionalmente, se incrementaría la

cantidad de residuos orgánicos con impacto en la calidad y el volumen de agua del embalse, deteriorando el medio físico hídrico, lo cual dista mucho de los ideales del desarrollo sostenible.

En el escenario en el que se mantiene constante el actual uso del suelo para ganadería con los correspondientes consumos de agua y considerando el crecimiento futuro de la población tanto del área metropolitana del valle de Aburrá como de la zona de abastecimiento del altiplano norte asentada en la cuenca hidrográfica del río Grande, se dispone siempre un excedente que, aunque disminuye en el tiempo, permite satisfacer la demanda. No obstante, en este caso, así como en los demás escenarios se puede concluir que no nos enfrentamos a un problema de escasez futura. Sin embargo, se evidencian restricciones en el acceso al recurso que pueden estar relacionados con la calidad y los costos asociados de depuración, que incrementan los precios del agua, como a la falta de recursos económicos que conlleva a la desconexión de los usuarios de menor capacidad de pago. El inminente riesgo de contaminación, como se demostró en el capítulo cuatro numeral 4.4.6, sobre la calidad del agua en la cuenca, implica mayores costos, generados por los procesos de potabilización, y menor accesibilidad, afectando la sostenibilidad del desarrollo, en términos de la disponibilidad del recurso hídrico.

La aplicación del método de estudio de esta investigación, conducente al análisis y evaluación de la oferta ambiental de la cuenca por unidades de paisaje, para evaluar el estado actual de los ecosistemas y embalses proveedores agua al AMVA, han permitido poner en valor áreas identificadas para la conservación, mediante la selección de criterios ecológicos, económicos, sociales y ambientales que, tratados de forma integrada, permitieron identificar las áreas que cumplen la función ambiental de la regulación del recurso hídrico en las diferentes unidades de paisaje. En consecuencia, se concluye que

hay un estado de deterioro creciente en la mayor parte de la cuenca. Como se aprecia según la calificación ambiental, las unidades de paisaje C, D, F, G, H, I, J y K se encuentran en estado muy inadecuado, y las unidades L, B, E en estado inadecuado (numeral 4.7.4.2.2.). Solamente con calificación aceptable de conservación resultaron las áreas adquiridas por la autoridad ambiental, como se evidencia en la unidad de paisaje A. En esta evaluación, los ecosistemas de páramo y humedales presentes en el ámbito de estudio cobran gran importancia como zonas fundamentales para la conservación y preservación. Concretamente porque para el caso problema tiene que ver con los costos que se incrementan para cerrar el ciclo de disponibilidad debido a que se hace indispensable invertir más en tratamientos y en infraestructura para garantizar calidad y cantidad del recurso.

La compra de tierras es la estrategia tradicionalmente utilizada por las autoridades ambientales. Para CORANTIOQUIA la conservación de áreas estratégicas dentro de la zona es una prioridad; por ello compra los predios donde se ubican nacimientos de agua que abastecen sistemas de acueductos municipales, corregimentales o veredales.

Hasta el momento, no ha sido posible por parte de la Corporación Autónoma Regional adquirir todos los predios, pues la cantidad y los costos de las tierras requieren de grandes inversiones. Específicamente, corresponde a 2.314,24 ha, identificadas en esta investigación como aquellas que deberán ser gestionadas, las cuales tendrían un costo de \$9.659.855.299, es decir unos 3.219.952 Euros. Cifra bastante elevada y hasta difícil de conseguir y que finalmente tampoco garantizaría al 100% el adecuado uso del suelo, pues la compra de estas extensiones desplazarían a la población y el municipio dejaría de recibir ingresos por pagos del impuesto predial, se reduciría la inversión social y se vería afectada la calidad de vida de la población. Razones por las cuales esta

política debe ser rediseñada y/o complementada con otras estrategias adicionales a la compra de predios. Es aquí donde cobra fuerza la necesidad de la planificación de las entidades públicas y privadas, la integración de los sectores directamente o indirectamente afectados.

Es necesario que los habitantes de las comunidades ubicados en áreas de conservación o protección cuenten con alternativas para su desarrollo futuro y no vean en el aprovechamiento de sus territorios y del recurso hídrico una amenaza para su evolución. Se requieren garantías de educación, salud y trabajo, por decir solo las principales. De igual manera los territorios adquiridos para la función de protección y regulación hídrica deberán constituir una fuente de potencial desarrollo ecológico ambiental sostenible para la región que le circunda.

CONCLUSIONES

En esta tesis se pone de manifiesto la necesidad de las áreas metropolitanas de gestionar los recursos hídricos desde la planificación y la ordenación de los territorios de donde se proveen estos recursos.

Se constata que a partir de una síntesis territorial se puede contribuir a la formulación de políticas de gestión del agua encaminadas hacia la atenuación de los desequilibrios territoriales, entre las áreas urbanas y las áreas proveedoras del recurso.

El agua es un factor crítico de la sostenibilidad urbana tanto por la disponibilidad del recurso como por el incremento de los precios que si bien pueden constituir una opción para regular el consumo excesivo en algunos casos, en otros, por el contrario, limita el acceso de la población de los sectores más postergados. Asimismo, en las áreas rurales se evidencia un desequilibrio social en términos de la exigencia de la conservación de los ecosistemas proveedores de agua a los propietarios ubicados en estos espacios, sin mayores alternativas que propicien el desarrollo sostenible en esos territorios. Lo que necesariamente conduce a buscar mecanismos de planificación que consideren la ordenación del territorio, la integración

y usos de otros recursos alternativos locales en la gestión de la demanda de agua urbana, y la definición de políticas sociales equitativas que garanticen el derecho fundamental al agua potable.

Teniendo en cuenta que las áreas metropolitanas ejercen gran presión sobre los territorios rurales especialmente por la demanda de recursos, y en este caso específicamente por el agua como recurso vital para el desarrollo económico, resulta necesaria la planificación y la ordenación del territorio para garantizar el abastecimiento de la demanda del recurso hídrico y la sostenibilidad del medio físico que lo provee, concretamente de las cuencas abastecedoras.

La compra y los pagos, en términos de una justicia territorial, son estrategias viables que involucran a los campesinos con las labores de conservación y permiten a la vez mantener el desarrollo económico, social y ambiental tanto en las áreas demandantes como en las proveedoras. Los gobiernos centrales, regionales, municipales, la empresa privada e inclusive algunas ONG de postura ambientalista, deberían asumir un mayor compromiso en este sentido con miras a promover y facilitar la equidad en lo que significa el aprovechamiento tanto de recursos físicos como humanos, sin que ello constituya un desequilibrio ni económico, ni social, ni mucho menos ambiental, sino que por el contrario sea el eslabón fundamental en la cadena conservacionista del agua para su mejor utilización y equitativa distribución.

Una planificación y gestión eficiente busca ser equitativa con los intereses de todos los ciudadanos, propender a la armonía entre los recursos y los ecosistemas. Además, asegurar la participación comunitaria de los diferentes actores locales. Evidentemente, no basta con el reconocimiento de las áreas de mayor importancia para la regulación del servicio ambiental del agua, incluso la sola declaración de área de manejo especial con características de protección no es suficiente.

Como alternativas para la gestión ambiental se propone, además de mantener la actual estrategia de compra de predios ubicados en zonas declaradas de protección, la vinculación de la población a las actividades de conservación. Asimismo, promover y aplicar incentivos directos a la conservación como el denominado y estimado pago correspondiente a “la renta de la conservación”, aplicable a la zona y calculable para cualquier unidad, acorde con la ordenación del territorio.

El reconocimiento de un pago por el servicio ambiental del agua correspondiente al costo de oportunidad en la zona calculado entre 5 y 7%, unido a un programa que involucre a todos los actores en el proceso de conservación y protección sería más efectivo social y ambientalmente a la vez que permitiría equilibrar las cargas económicas y sociales de los habitantes rurales. Igualmente se debe tender a generar en los ciudadanos una actitud de respeto frente a los ecosistemas de abastecimiento, acercar las comunidades urbanas a las comunidades rurales y por medio de ello reconocer el valor patrimonial de los ecosistemas abastecedores del recurso hídrico y el compromiso de todos en el desarrollo sostenible.

La participación de los municipios en la ordenación y gestión de sus territorios abastecedores del recurso hídrico es muy limitada; carecen de perspectiva y conocimiento de la función que cumplen los ecosistemas asociados a los servicios ambientales por lo que su visión de planificación territorial es muy parcial frente a este potencial en la gestión.

El papel de la autoridad ambiental en la conservación ha sido coercitivo más que pedagógico; las medidas convencionales de gestión adoptadas no han involucrado de manera participativa a la comunidad, una limitación importante a la hora de enfrentar un problema y su impacto regional de considerable magnitud ambiental y social como lo es la disponibilidad de agua potable.

La percepción de los campesinos frente a su papel en la conservación está mediada por el uso propio del recurso, poco reforzada y menos aún compensada. Los conflictos territoriales por el uso del suelo se agravan en la medida en que el recurso económico se vuelve más escaso y las garantías de un desarrollo rural acorde con el entorno regional se debilitan. Sin duda alguna el papel de los municipios y autoridades metropolitanas debe ser el de garante del recurso hídrico, debe ser el de ir cerrando la brecha en la gestión entre los interesados gestores (urbano) y responsables (rural), por lo que esta propuesta se inscribe y apunta hacia la gestión urbano-regional coordinada entre los diferentes actores políticos, sociales y ambientales.

El proceso de gestión, como se ha dicho, implica, adicional a la evaluación de las estrategias desarrolladas, la integración de variables ambientales, sociales, económicas y políticas, analizadas desde la complejidad que estas interrelaciones conllevan. En este sentido y a manera propositiva se presentan en el anexo 11 las bases teóricas para la construcción de un modelo a partir de la dinámica de sistemas, que servirá como lineamiento de políticas acordes con los procesos de planificación, ordenación del territorio y gestión del agua.

BIBLIOGRAFÍA

AGBAR, Sociedad General de aguas de Barcelona. *El ciclo del agua, Distribución y consumo* [en línea]. 2000. [ref. de 15 de junio de 2007]. Disponible en Web: <http://www.bcn.es/mediambient/cas/web/cont_bcn_aigua_distrib.htm>

AGUDELO PATIÑO, L. C. *Indicadores territoriales de sostenibilidad. Capacidad de carga y huella ecológica del valle de Aburrá*. Convenio CORANTIOQUIA – Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 1998. 193 p.

_____. *Identificación, caracterización y valoración económica de los servicios ambientales prestados por ecosistemas localizados en el área de influencia del valle de Aburrá*. CORANTIOQUIA y Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2000. p 38.

_____. *Ecosistemas estratégicos en ecorregiones urbanas: Una opción para el desarrollo sostenible*. IV seminario sobre Desarrollo Sostenible, Energía y Paz. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 2003.

_____. *Evaluación de la sostenibilidad ecológica del Área Metropolitana de Medellín- Colombia*. Tesis Doctoral en Urbanismo, Universidad Politécnica de Valencia, España. 2004.

_____. Sostenibilidad ecológica urbana: lo global y lo local-regional. En: Seminario internacional: La globalización neoliberal y la planeación urbano-regional: perspectivas para América Latina. Medellín, Colombia, 23 y 24 agosto de 2007. 16 p.

ALCALDIA DE MEDELLIN. *Historia de Medellín* [en línea]. [ref. 14 de julio de 2007]. disponible en Web: <http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/V_medellin/nuestrahistoria.jsp?idPagina=344>.

ALCALDIA DE BOGOTÁ. *Proyecto de Acuerdo 258 de 2006*. Por el cual se adopta el estatuto del agua en Bogotá D.C. y se dictan otras disposiciones [en línea]. [ref. 20 de enero de 2008]. Disponible en Web: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21341>>

ALVAREZ R., L.; DAZA G., M.; PÁEZ M., J. A. *El fin del oro blanco* [en línea]. 2007. [ref. 16 de septiembre de 2007]. Disponible en Web: <<http://bogota.gov.co/libreria/pdf/articuloagua.pdf>>.

AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá). Orientaciones metropolitanas de ordenamiento territorial. Medellín. 2000.

_____. *Proyecto Metrópoli 2002-2020: Plan integral de desarrollo metropolitano*. Medellín, Colombia, 2002. 211 p.

_____. *Directrices metropolitanas de ordenamiento territorial: “Hacia una región de ciudades”*. Acuerdo metropolitano N° 15 / noviembre 2006. Medellín, Colombia: Litografía dinámica. 2007. 258 p. ISBN: 978-958-44-0737-5.

ANDRADE, A. “Notas de clase: Planificación del Uso de la Tierra”. *SIG PAFC, revista informativa de proyecto SIGPAFC, IGAC*. Santafé de Bogotá, D.C. Mayo 1994. Año 1, núm. 2, p 28-33.

ARANGO, M. “La Renta del suelo en Marx y la renta urbana del suelo”. En: *Cuadernos Colombianos*. Año II, segundo trimestre de 1975. p 218-223.

ARAQUE, A. *La renta en Sraffa*. Trabajo Msc. Economía. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Economía. Posgrado en Política Económica. Bogotá. 1995. 31p.

ARCILA, J. C.; FERNÁNDEZ, M. E. *Caracterización de la cuenca alta del río Chico*. Trabajo de grado (ingeniería forestal). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 1991. 176 p.

ARIAS L., L. A. “Las concavidades de primer orden: Expresión del mecanismo activo de modelado en el altiplano de Santa Rosa de Osos”. *Boletín de Ciencias de la Tierra (Colombia)*. Junio 2007. núm. 20, p 9-38.

_____. “El relieve de la zona central de Antioquia: Un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos”. *Revista Facultad de Ingeniería: Universidad de Antioquia*. 1995. núm. 10, p. 9-24.

_____. “Altiplanos y cañones en Antioquia: Una mirada genética”. *Revista Facultad de Ingeniería: Universidad de Antioquia*. 1996. núm. 12, p. 84-96.

ARIAS L., L. A.; GONZÁLEZ, L. H. *Evolución del suelo y del relieve en el altiplano de Santa Rosa de Osos*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2001. p. 45-57

ÁVILA O., J. L. *El suelo como elemento ambiental. Perspectiva territorial y urbanística*. Bilbao, Universidad de Deusto. 1998. 325 p.

AZQUETA, D. *Valoración económica de la calidad ambiental*. McGraw-Hill. Madrid. España. 1997. p. 11-18.

AZQUETA D.; SOTELSEK D. “Ventajas comparativas y explotación de los recursos ambientales”. *Revista de la CEPAL*. 1999. núm. 68, p. 115–133.

BANCO MUNDIAL. *World Development Indicators 1997*. Washington D.C. 1997. p 26.

_____. Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura (REDI). Colombia. 2004. [ref. 12 de febrero de 2008]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/agua_potable_saneamiento_en_Colombia>.

- BARCO, O. J.; CUATRAS, A. *Estimación de la evaporación en Colombia*. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Minas. 1998. 136 p.
- BARZEV, R. *Estudio de valoración económica de la oferta y demanda hídrica del bosque en que nace la fuente del río Chiquito (finca El Cacao, Achuapa), implementación de mecanismos de pagos por servicios hídricos*. Documento preparado para PASOLAC. Nicaragua. 2000.
- BENKO, G.; LIPIETZ, A. "Géographie socio-économique ou économie géographique?". Benko, G.; Lipietz, A. (eds). *La richesse des régions: la nouvelle géographie socio-économique*. París. Presses Universitaires de France. 2000. p 9-15.
- BOLAÑOS, A. "Los grifos del mundo". *Periódico La Vida*. Miércoles 22 de marzo de 2006. p 17.
- CABRERA, E. "El suministro de agua urbano en España". Panel Científico-técnico de seguimiento de la política de aguas. Convenio Universidad de Sevilla- Ministerio de Medio Ambiente. Fundación Nueva Cultura del Agua. Sevilla, España. 2008. p 241-245.
- CAGMANI, R. "Razones, principios y cuestiones para la política de desarrollo espacial en la era de la globalización, localización y trabajo en red". *Redes, territorios y gobierno*. Diputació de Barcelona. Barcelona. 2003. p 405-415.
- CAMACOL; CORANTIOQUIA. "*Preguntas y respuestas: La implementación de los planes de ordenamiento territorial*". *Estudios del territorio*. 2000. p 7-13.

- CAMPOS, J.; ALPÍZAR, F.; LOUMAN, B.; PARROTA, J.; MADRIGAL, R.
“An integrated approach to forest ecosystem services: Forest in the global balance – Changing paradigms”. Mery, G.; Alfaro, R.; Kanninen, M.; Lobovikov, M. (eds) *IUFRO World Series*. 2005. Vol. 17, Cap. 6, p 1-26.
- CARAZO, F. *Assessment of La Amistad water provision potencial. An economically significant environmental service for communities*. The Nature Conservancy TNC. Costa Rica. 2003.
- CASCOS M., C.; GUERRA V., J. C. “Los Espacios Naturales Protegidos en Castilla y León: Un Plan ambiciosos entre la escasez de medios y un futuro incierto”. En: *Geografía y espacios naturales protegidos*. España, AGE/ Federación de Espacios Protegidos de Andalucía. 2000. p 311-393.
- CASTAÑO, C. “El Hombre y el Continuum del Páramo”. En: *El páramo ecosistema a proteger*. Fundación Ecosistemas Andinos- ECOAN. Bogotá: Editorial CODICE Ltda. 1996. p 17-36.
- CEMAT (Concil Conseil of Europe de L'Europe). *Guide Européen d'observation du patrimoine rural*. Budapest. 2003. 99 p.
- CEP (Comisión Ejecutiva Provincial). *Propuesta para la implementación del pago por servicio ambiental hídrico en la provincia de Tungurahua y su aplicación en una zona piloto. “Una alternativa para enfrentar al deterioro de los ecosistemas frágiles de nuestra provincia”*. Ambato, Ecuador. 2002.
- CHERNI, J. A. “La Relación entre capital y capital natural: Ganadores y perdedores”. En: *New centres and new peripheries in the world economy in the 21st Century*. Seminario internacional REDEM 2004. Red de Estudios de Economía Mundial. Barcelona. 2004. 9 p.

CHIQUITO, L. *Agua para Medellín. Informe general sobre el abastecimiento de agua para Medellín*. Empresas Públicas de Medellín, Departamento Técnico. Medellín, Colombia. 1954. 36 p.

CLEVELAND, G. J.; MATHIAS, R. “¿Como, donde y por cuanto los limites biofísicos restringen el proceso economic?: Una investigación sobre la contribución de Georgescu Roegen a la economía ecológica”. En: *Economía ecológica?*. Georgescu Roegen. Traducción de Alfonso Berrío. Universidad Nacional de Colombia. 1999. p 61-90.

COLMENAR, E. “Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Desarrollo sostenible de las ciudades”. *Ambienta*. Congreso del Agua. Noviembre 2003. 8 p.

COMISIÓN EUROPEA. *Estrategia Territorial Europea*. Luxemburgo, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas: 1999. 89 p.

CONCEJO DE BOGOTÁ. *Plan maestro de acueducto y alcantarillado de Bogotá 2006*. Disponible en Web: <http://concejodebogota.gov.co/prontus_cbogota/site/artic/20060719/asocfile/20060719133051/pm_aa.pdf>.

III CONGRESO INTERNACIONAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. *Política regional, urbanismo y medio ambiente*. Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de infraestructuras y política. Gijón, 3-6 de julio de 2001. p 35, 51.

CORANTIOQUIA. *Conservación, ordenamiento y manejo del sistema de páramos y bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño*. Medellín, Colombia. 1999. Tomos I y II. 325 p.

_____. *Actualización y complementación de la información de los Distritos de Manejo Integrado del sistema de áreas de reservas de carácter regional, para su incorporación como espacios públicos naturales*. Juan Felipe Hoyos G. Contrato N° 7663. 2007.

_____. *El Sistema paramuno y los bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño*. Medellín, Colombia. 1999. 13 p.

_____. *Plan de Gestión Ambiental 1998-2006*. Versión actualizada. Medellín, Colombia. 2da. Edición. Agosto 2001. 124 p.

_____. *Modelo para administrar la demanda del recurso hídrico superficial en la jurisdicción de Corantioquia (SGHD - Duberdicus) Versión 1*. Subdirección de recursos naturales. Área de Calidad Ambiental. Medellín, Colombia. 2006. 84 p.

CORANTIOQUIA; BID. *Investigación sobre páramos y bosques altoandinos del nor-occidente medio antioqueño*. Medellín, Colombia. 2000.

CORDERO, D. *Pagos por servicios ambientales para la conservación del recurso hídrico*. Fundación Natura Colombia. 2004

CORNEJO, A. "Panel sobre la gestión del agua en el Perú". *Conociendo los recursos hídricos en el Perú*. Marzo 17, 2000.

CORREA, F. *Valoración económica de servicios ambientales proporcionados por ecosistemas localizados en el área de influencia del Valle de Aburrá*. 2000 (En prensa). p 4-6.

COSTANZA, R.; d'ARGE, R.; de GROOT R., FABER S.; GRASSO, M.; HANOON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; van den BELT, M. "The value of the world's ecosystem service and natural capital". *Nature*. Mayo 15 de 1997. Vol. 387, p 253-260.

CUATRECASAS, J. "Apuntes geobotánicos en Colombia". Madrid: Museo Natural de Ciencia. *Serie Botánica* 27. 1934. 144 p.

CUELLAR, N.; HERRADOR, D.; GONZÁLEZ, M.; ROSA, H. *Comercio de servicios ambientales y desarrollo sostenible en Centroamérica: Los casos de Costa Rica y El Salvador – Síntesis*. International Institute for Sustainable Development, IISD. Ottawa, Canadá. 1999. p 161.

CRA (Comisión De Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico). *Estudio del impacto regulatorio*. Publicación de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Colombia. 2006.

DAHL, T. E. *Wetlands losses in the Unites States 1780s to 1980s*. Development of the interior, Fish and Wildlife Service. Washington D.C. 1990, p. 50.

DAILY, G. C.; ALEXANDER, S.; EHRLICH, P. R.; GOULDER, L.; LUBCHENCO, J.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A.; POSTEL, S.; SCHNEIDER, S. H.; TILMAN, D.; WOODWELL, G. M. "Ecosystem services: benefits supplied to human society by natural

ecosystems". *Ecology* 2. Ecological Society of America. Washington D.C. 1997. 18 p.

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Censo general 2005: nivel nacional*. Colombia. Disponible en Web: <<http://www.dane.gov.co/censo/files/libroCenso2005nacional.pdf>>.

DARWENT, D. "Growth poles and growth centers in regional planning – a review". *Environment and Planning*. 1969. Vol.1, p 5-32.

DELGAGO, C.; ESTELLER, M. "Deterioro de la calidad y cantidad de agua en México". En: *Seminarios preparatorios del XX coloquio de antropología e historia regionales "Agua, medio ambiente y desarrollo en México"*. México. 2000.

DI MÉO, G. *Géographie sociale et territoires*. Nathan Université. collection Fac Géographie, Paris. 1998. p 58.

DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANEACIÓN TERRITORIAL. "Recurso hídrico y marco territorial". *Ciudad y Territorio*. 1995. Vol. III. p 517-540.

DURANA, C.; BUSTOS, G. *Maglares, pantanos y lagunas; una aproximación a la valoración económica de los humedales*. Colombia. Editorial Instituto Alexander von Humboldt. 1997.

EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá). *Proyecto centro de control: Objetivo Corporativo Acueducto de Bogotá* [en línea]. Objetivo Plan de Desarrollo Distrital. [ref. 18 de enero de 2007]. Disponible en Web: <<http://web.acueducto.com.co/>>

RedMatriz/RedMatriz/archivos/Centro%20de%20Control/Generalidaddes.ppt>.

ECOSECURITIES GROUP LTD. Environmental Finance Solutions. *Identificación, cuantificación, valoración y comercialización de servicios ambientales en los ecosistemas forestales en el Valle de San Nicolás, Colombia*. Informe para el Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales y Tecnologías – EMPA. Oxford. 2005. p 45. Disponible en Web: <<http://www.ecosecurities.com>>.

ECOSISTEMAS. Plan de manejo y ordenación de la cuencas del río Grande y Chico, incluido todo su sistema de drenaje hasta su desembocadura en el río Porce, jurisdicción de los municipios de Don Matías, Entreríos, San Pedro, Belmira y Santa Rosa, departamento de Antioquia. Contrato 5489 CORANTIOQUIA-ECOSISTEMAS. 2005. 195 p.

EEA (European Environment Agency). “Inventario de los ecosistemas”. En: *Recursos Mundiales. La guía global del planeta. La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*. Madrid, España: Ecoespaña Editorial. Muñoz, A. (ed). 2002. p 109. ISBN: 84-932176-1-1.

EPM (Empresas Públicas de Medellín). “Servicio de acueducto de las Empresas Públicas de Medellín”. *Revista las Empresas Públicas de Medellín*; 1979. 1 (3), p 7-34.

_____. “El acueducto después del Río Piedras. Su construcción y los costos”. *Revista Empresas Públicas de Medellín*. 1980. 2 (2), p 25-79.

_____. “Proyecto de aprovechamiento múltiple del río Grande”.
Revista Empresas Públicas de Medellín. 1984. Vol. 6 N° 1-2, p 12.

_____. *Informe de gestión 2005*. Publicación de la subgerencia
ambiental de Empresas Públicas de Medellín. Colombia. 2006.

EPM *et al.* *Reporte preliminar de la biodiversidad de los páramos de
Belmira y Santa Inés*. Medellín, Colombia. Empresas Públicas de
Medellín. 1984. 96 p.

ESA (Ecological Society of America). “Human alteration of the global
nitrogen cycle: causes and consequences”. *Ecology* 1. Febrero
1997. 16 p.

ESPAÑOL E., I. “El paisaje en los sistemas de ordenación territorial:
revisión y base de una propuesta”. *OP Ingeniería y Territorio*. 2002.
No 60, p 107-110.

ESPINAL T., L. S. *Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida*
Universidad Nacional de Colombia seccional Medellín, Facultad de
Ciencias. Lealón. 1992.146 p.

ESTRADA, R. D.; QUINTERO, M; GIRÓN, E.; PERNETT, X. *Pago por
servicios ambientales en la Laguna de Fúneque*. Consorcio para el
Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN. 2004.

EUROPARC-ESPAÑA. *Plan de acción para los espacios naturales
protegidos del Estado español*. Madrid, Fundación Fernando
González Bernáldez. 2002. 163 p.

FANLO L., A. 2003. “EL Derecho de aguas en la Carta Magna”. *Reportaje
Ambiental*. Noviembre 2003.

FAO (Food and Agriculture Organization). *Agricultura mundial: Hacia los años 2015-2030*. Publicación conjunta de la FAO y de Earthscan Publications Ltd. London. 2003. Disponible en Web: <<http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/14640-es.htm>>.

FEKETE, B. M.; VÖRÖSMARTY, C. J.; GRABS, W. *Global, composite runoff fields based on observed discharge and simulated water balances*. University of New Hampshire Data Set. Durham, NH: Complex Systems Research Center. 1999. p 31.

FERNÁNDEZ, D.; VEGA, P. "Modernización Globalización versus transformación ecológica y social del territorio". *Ciudad y Territorio II*. 1994. (100-101). p 293-311.

FIELD, B.; AZQUETA, D. *Economía y medio ambiente*. Traducción de Leonardo Cano. Bogotá. McGraw-Hill. 1996. Tomo 3, capítulo 1.

FINLAYSON, C. M.; DAVIDSON, N. C. *Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory*. Summary report. Wetlands International and the environmental research institute of the supervising scientists. 1999.

FLYLOSOPHY. *El agua, un negocio poco transparente* [en línea]. [ref. 15 de febrero de 2007]. Disponible en Web: <<http://www.flylosophy.com/2007/01/el-agua-un-negocio-poco-transparente.html>>.

FOLCH, R. "La aproximación sostenibilista: Evolución de la mirada y del proyecto sobre el territorio". *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona, Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipios. 2003. p 91-99.

FORD (Fundación); PRISMA (Fundación). *Proyecto “Pago por servicios ambientales en las Américas”: Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México* [en línea]. Coordinación del Proyecto: Herman Rosa y Susan Kandel. Enero 2002. [ref. 12 de noviembre de 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.prisma.org.sv>>.

FRANCE TELECOM ESPAÑA S. A. *Recursos Hídricos en Venezuela*. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. República Bolivariana de Venezuela. 2007 [en línea]. [ref. 15 de julio 2007]. Disponible en Web:
<<http://html.rincondelvago.com/recursos-hidricos-en-venezuela.htm>>.

_____. *La problemática ambiental del lago Chapala* [en línea]. [ref. 25 de Julio de 2008]. Disponible en Web:
<<http://html.rincondelvago.com/lago-chapala-mexico.html>>.

FRANCO P., C. “Entrevista a Pedro Arrojo. Agua. Perú” [en línea]. *Boletín Informativo Mensual*. Plataforma interamericana de derechos humanos, democracia y desarrollo. [ref. 15 de marzo de 2008]. Disponible en Web:
<<http://www.pidhdd.org.pe/boletin/junio/2006/4.htm>>.

GARCÍA D, G. *Agua, comunidad y urbanización* [en línea]. Presidente ejecutivo fundación río urbano 2007. Disponible en Web:
<http://www.riourbano.org/documentos_medioambiente_detalle.php>.

GARCÍA, M. D.; TULLAS, A.; VALDOVINOS, N. *Geografía rural*. Madrid. Editorial Síntesis S.A. 1995. 235 p.

GIRARDET, H. *Creando ciudades sostenibles*. Valencia. Ediciones Tilder. 2001. p 33-35.

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. *Informe preliminar perfil subregión norte de Antioquia*. Departamento Administrativo de Planeación. Dirección de Planeación Estratégica Integral. 2002. 115 p.

GLEICK, P. "Amarga agua dulce: Los conflictos por recursos hídricos". *Ecología política*. 1991. p 85-105.

GÓMEZ M., C. *El agua y el DF: Abastecimiento, Breve historia del abastecimiento de agua a la Ciudad de México* [en línea]. México D.F. 2000. [ref. Noviembre de 2007]. Disponible en Web: <http://www.seed.slb.com/en/things_to_do/workshops/hdl/mexico2/static/html/116.htm>.

GONZÁLEZ C., E. "El medio rural y el aporte de bienes y servicios ambientales". En: *IX Congreso Colombiano de Ingeniería Agrícola*. Universidad de Sucre. Sincelejo, Colombia. Noviembre de 2003. 18 p.

GRAY, L. C. "La renta bajo el supuesto de agotabilidad". En: *Energéticos No. 5*. 1990. p 75.

GRISALES, M.; MEJÍA, D. *Identificación y Valoración de los sistemas productivos en el área de manejo especial del sistema de páramos y bosques altoandinos*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Trabajo de grado para optar al título de economista. 2001. p 108-117 y 247-250.

GUHL N., E. *El dilema del agua: cambio o sed* [en línea]. Ecoportal.net. 2007. Disponible en Web: <http://www.ecoportal.net/contenido/temas_especiales/agua/el_dilema_del_agua_cambio_o_sed>.

GUTIERREZ, J. *La Ciudad y la organización regional*. Editorial Cincel. España. 1992. 117 p.

HERNÁNDEZ, Z.; MONASTERIO, M. “La vulnerabilidad en las formas de vida en la antropización del páramo andino”. En: *Congreso mundial de páramos*. Mayo de 2002. Memoria Tomo I, p 321-331.

HERNÁNDEZ P., S.; CÁRDENAS, J. C.; MANCILLA A., H.; BAPTISTE, L. G. *Valoración y diseño de políticas económicas para la gestión de la biodiversidad a nivel local*. Instituto Alexander von Humboldt, Departamento Nacional de Planeación, Unidad de Política Ambiental. 1998. Disponible en Web: <<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=400017#val2>>.

HERNÁNDEZ P., S.; PENAGOS, A. M. *Incentivos para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en tierras privadas: Algunas consideraciones de política a partir de un estudio de caso en el municipio de El Encino (Santander)*. Instituto Alexander von Humboldt, Seminario de Conservación en tierras privadas 31 de octubre de 2003. Fundación Natura. WWF. Asociación Red de Reservas de la Sociedad Civil. The Nature Conservancy. 2004. Disponible en Web: <<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=400017#valo4>>.

HERNÁNDEZ P., S.; RUÍZ, C. A. *Instituciones locales e incentivos para el manejo colectivo de bienes y servicios de la biodiversidad: caso de la microcuenca de Chaina (Villa de*

Leyva – Chiquiza, Departamento de Boyacá, Colombia).
Instituto Alexander von Humboldt. 2003. 14 p. [disponible en
Web: <<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=400017>>].

HERRADOR, D.; DIMAS, L. “Aportes y limitaciones de la valoración económica en la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales”. *Prisma N° 41*. San Salvador. p 1-16.

HIDROCAPITAL. Una herramienta para la revolución [en línea]. [ref. marzo 14 de 2007]. 2007. Disponible en Web: <<http://www.hidrocapital.com.ve/>>.

IAvH (Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt). *El páramo de Belmira* [en línea]. Instituto Alexander von Humboldt [ref. 2 de enero de 2008]. Disponible en Web: <<http://paramos.humboldt.org.co/Belmira.htm>>.

_____. *La valoración económica de la biodiversidad en Colombia* [en línea]. Hernández P., S. (ed). 2001. [ref. 2 de enero de 2008]. Disponible en Web: <<http://www.humboldt.org.co/usoyval/c-uso-valoracion2.htm>>.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). Los glaciares colombianos: Expresión del cambio climático global. República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. 1998. 19 p. Disponible en Web: <<http://www.ideam.gov.co/publica/glaciares/glaciares.pdf>>.

_____. *Páramo*. Colombia. 2001.

_____. *Aproximaciones Páramo*. Colombia. 2002.

_____. *Base de datos de temperatura y precipitación media mensual multianual para las estaciones hidrometeorológicas del departamento de Antioquia*. Colombia. 2006.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). *Estudio general de suelos del departamento de Antioquia*. Bogotá. Subdirección de Agrología. 1979. Vol. I y II. 603 p.

_____. *Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial urbano aplicable a ciudades*. Bogotá D.C. Colombia. Editorial linotipia Bolívar. Primera edición septiembre de 1996. 279 p.

INBio (National Biodiversity Institute). *Usos y valoración de los bienes y servicios de la biodiversidad* [en línea]. Editorial del 27 de febrero de 2006. Disponible en Web:
<http://www.inbio.ac.cr/es/biod/estrategia/Paginas/esfuerzos_conservar05.html>.

INFOANDINA. *Información y conocimiento para el desarrollo sostenible de los Andes*. Dgroups es una iniciativa conjunta de Bellanet, DFID, Hivos, ICA, IICD, OneWorld, y UNAIDS, Banco Mundial. Poats S. y Yáñez N. Líderes temáticas línea 3, derechos de agua y gestión ciudadana. Foro electrónico visión social del agua en los Andes: Agua, Comercio y Regulación. 2007.

INGETEC S.A. (Ingenieros Consultores). *Chingaza* [en línea]. [ref. 15 de enero de 2008]. Disponible en Web:
<<http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/acueductos-alcantarillados-chingaza-ampliacion.htm>>.

IRIS, T. M. *Mazahuas y guerrerenses, unidos en defensa de los ríos* [en línea]. Universidad de Niza, Francia. [ref. 25 de septiembre 2006]. Disponible en Web: <<http://www.jornada.unam.mx/2006/09/25/ecod.html>>.

JARAMILLO G., S. *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Colombia, Universidad de los Andes. 1994. 343 p.

JIMÉNEZ, G. J. *Planificación de áreas de protección: especial referencia a la cuenca alta del río Chico – Belmira*. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 1986. 189 p.

JIMÉNEZ, J.; VALDERRAMA, A. *El Agua en Bogotá* [en línea]. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. 2002. [ref. 15 de juli de 2007]. Disponible en Web: <<http://tecnologiaysociedad.uniandes.edu.co/BorradoresTyS/agua.pdf>>.

KLIMOVSKY, E. *Renta y Ganancia en la Economía Política Clásica*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México. 1985. p 16.

KREBS J., C. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. Instituto Ecológico de Recursos Animales. Universidad de Columbia Británica. Editorial Harla, México. 1985. p 199-227.

LAMELA, A.; MOLINÍ, F.; CAÑADA, R.; ROMERO, A. “La utilización sostenible de los recursos hídricos”. En: Lamela, A. (dir) y Moliní F. (coor.). *Estrategias para la tierra y el espacio, geoísmo y cosmoísmo*. Espasa. 2006. Capítulo VIII. p 123-187. ISBN 978-84-670-2517-0.

LANZ, K.; GREENPEACE ESPAÑA. *El libro del agua*. Versión castellana de Fabián Chueca y Juan Manuel Ibeas. Título original: The Greenpeace Book of water. Cameron Books y Greenpeace Communications.1995. Editorial Debate, S.A. Madrid. 1997. 300 p.

LARBI B., M. *Las batallas del agua: por un bien común de la humanidad*. Madrid, España. Editorial Popular. 2005. 240 p. ISBN: 978-84-7884-296-4.

LEGORRETA, J.; CONTERAS, M.; FLORES, M.; JIMÉNEZ, N. *Ecológica – agua, las cuencas externas* [en línea]. [ref. 25 de diciembre de 2007]. Disponible en Web: <<http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/0897agua2.html>>.

LLANO Del, M. *Los páramos de los andes: explotación ecológica integrada en la alta montaña ecuatorial*. Bogotá, Colombia: De Montoya y Araujo. 1990. 272 p.

LOPERA C., S. H. “Petróleo: fuente de ingresos o de energía”. En: *UN Periódico*. UNP. No.72. Sección Economía. Marzo 20 de 2005. Universidad Nacional de Colombia. [ref. 12 de agosto de 2007]. Disponible en Web: <www.unal.edu.co>. José Luis Luege,

LUEGE, J.L. Entrevista. Disponible en Web: <http://noticias.terra.com/articulos/act1713106/Peligra_el_suministro_de_agua_a_Ciudad_de_Mexico_por_nivel_de_los_embalses/>. [ref. 18 de abril de 2008].

LUGO, H. *Aproximación a una comprensión ambiental de las formaciones paramunas de Antioquia como sistema territorial*. Tesis de Msc. Estudios urbano regionales. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 1998. 146 p.

LUTEYN, J. L. "Introduction to the paramo ecosystem". En: LUTEYN, J. L. *Páramos: a checklist diversity geographical distribution and botanical literature*. New York: The New York Botanical Garden. 1999. Vol. 84, p 1-39. ISBN: 0-89327-427.

MANRIQUE, G. *La renta hidroeléctrica en Colombia*. Trabajo de grado en Msc. Economía. Facultad de Economía Posgrado en Política Económica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 1998. 52 p.

MARQUEZ, G. "Ecosistemas como factores de bienestar y desarrollo". En: *Revista Ensayos de Economía*. Facultad de Ciencias Humanas y Económicas. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Diciembre de 1997. N° 13. Vol. 7, p 113 –133. ISSN 921 – 117 X.

_____. *Ecosistemas estratégicos, bienestar y desarrollo* [en línea]. 2002. [ref. 26 de febrero 2006]. Disponible en Web: <<http://www.idea.unal.edu.co/public/docs/ecosistemas.pdf>>.

_____. *Mapas de un fracaso. Naturaleza y conflicto en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Ideas 5. 2004. 101p.

MARTINEZ, C.; TOBARRA, P. *Manual de gestión del medio ambiente*. España. Editorial Ariel. 2000. p 203-220.

- MARTÍNEZ DE PINSON, EDUARDO. *Paisajes Concepto territorial y preservación*. En: la Conservación del paisaje. Fundación Biodiversidad. España. 2004. p 13-27
- MASS, M. "Agua y ecosistemas". En: *Seminarios preparatorios del XX Coloquio de Antropología e Historia Regionales "Agua, Medio, Ambiente y Desarrollo en México"*. México. 2000.
- MASSOT M., A. "La reforma de la PAC de 2003: Hacia un nuevo modelo de apoyo para las explotaciones agrarias". *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 2003. núm. 199. p 11-60.
- MARX, K. *El Capital, Tomo III*. México, D.F. Siglo XXI Editores. 1984.
- MATA O., R. (2004a). Agricultura, paisaje y gestión del territorio. Polígonos. *Revista de Geografía* –No. 14, 2004. p 97-137.
- _____. (2004b). *Paisajes rurales españoles, diversidad, valores y protección*. En: la Conservación del paisaje. Fundación Biodiversidad. España. 2004. p 167-195.
- _____. (2005a) "Territorio y patrimonio. Como planificar y gestionar territorios sostenibles". Conferencia en seminario: *Territorio, patrimonio y sostenibilidad: Reflexiones para una planificación territorial sostenible*. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Santander, España. 12 – 16 de septiembre de 2005.
- _____. (2005b). *Integración de los espacios protegidos en la ordenación del territorio*. Madrid, EUROPARC-España. Fundación Fernando González Bernáldez, Serie Monografías EUROPARC – España. 2005. 120 p.

McALLISTER, D. E.; HAMILTON, A. L.; HARVEY. "Global fresh water biodiversity: Striving for the integrity of freshwater ecosystem". *Sea Wind-Bulletin of Ocean Voice International*, 11 (3). 1997. p 18.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment). *Our human planet: summary for decision makers*. Island Press, Washington D.C. 2005. 109 p.

MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica). *Gobernando en tiempos de cambio*. Administración Figueres Olsen. San José, Costa Rica. 1998.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (Colombia). *Programa nacional para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña colombiana: páramos 2002*. Bogotá D.C., Colombia. 2002. 21 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (Colombia); ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior). *Memorias del seminario taller sobre ordenamiento territorial*. Barranquilla, Colombia. Abril de 2000. 338 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. *Gestión Integral del Agua*. República de Colombia. Septiembre de 2004.

MMDAD (Movimiento Mazahua por la Defensa del Agua y los Derechos Humanos). *Caso trasvase de agua de la región del sistema Cutzamala a la cuenca de Mexico D.F.* [en línea]. [ref. 13 de abril de 2008]. Disponible en Web: <www.comda.org.mx/documentos/tribunal/cutzamala_mazahuas.pdf>.

MOLANO, J. "Paisajes de alta montaña Ecuatorial". En: *El Páramo: un ecosistema de alta montaña*. Bogotá. Codice Ltda. 1995. p 17-61. ISBN: 958-95774-0-7.

_____. "Problemática ambiental del páramo andino". En ECOAN: *El páramo: Ecosistema a proteger*. Serie Montañas Tropoandinas II. Fundación Ecosistemas Andinos - ECOAN. Bogotá D.C., Colombia. Editorial CODICE Ltda. 1996. p 35-62.

MONTILLA, F. "Visión actual de la ordenación del territorio en España y la Unión Europea: En: *Actas del Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial*. España. Asturias, Julio 3-5 de 2001.

MOOR De, A.; CALAMAI, P. Subsidizing unsustainable development: undermining the earth with public funds. The Earth Council. 1997. p 1, 14-15.

MORA, J. "Renta de la Tierra, Renta Petrolera y Renta Petrolera en Venezuela: su cuantía y significación". *Revista del Banco Central de Venezuela*, Volumen 4, Nº 2, Abril-Junio, 1989. Pág. 166 y ss.

MORAL I., L. del. "Planificación hidrológica y política territorial en España". En: *Una cita europea con la nueva cultura del agua. La Directiva Marco. Perspectivas en Portugal y España. II Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. 2001, págs. 285-298.

MORAL I., L. del. "Nuevas tendencias en gestión del agua, ordenación del territorio e integración de políticas sectoriales". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 2009, vol. 13.

MORENO, C. *Proyecto de incentivos para la laguna de la Cocha como sitio Ramsar*. IAvH (Instituto Alexander von Humboldt), WWF

Colombia, ADC (Asociación para el Desarrollo Campesino). 89 p.
Disponible en Web: <<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=400017>>.

MUNICIPIO DE BELMIRA. Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de Belmira. Universidad de Medellín. Resolución CAR: 3718 de 18 de diciembre de 2000.

MUNICIPIO DE DON MATÍAS. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Don Matías. Resolución CAR: 3424 de 01 de agosto de 2000.

MUNICIPIO DE ENTRERRÍOS. Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de Entrerrios. Centro de Estudios de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad de Medellín. Resolución CAR: 3478 de 28 de agosto de 2000.

MUNICIPIO DE SAN PEDRO. Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de San Pedro. Documento Técnico 1998-2006. Resolución CAR: 3401 de 24 de julio de 2000.

MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE OSOS. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Santa Rosa de Osos. IDEA (Instituto de Estudios Ambientales), Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Resolución CAR: 3396 de 17 de julio de 2000.

MUMFORD, L. *Historia natural de la urbanización*. Chicago, EEUU. 1956. [ref. 7 de Nov. 2007, p 2,4]. Disponible en Web: <<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n21/almum.html>>.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. "Biodiversity hotspots for conservation priorities".. *Nature*. 2000. Núm. 403, p 853-858.
- NAPOLEONI, C. "Curso de Economía Política". *Oikos - tau*, S.A – Ediciones. 1977. p. 17-27, 115-123.
- NARANJO, L. G. "Diversidad ecosistémica: Humedales". Chávez M. E.; Arango N. (Eds.). En: *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 1997.
- NAREDO, J. M. *Ciudades para un futuro más sostenible. La construcción de la ciudad sostenible: fundamentos* [en línea]. 1998. [ref. el 11 de enero de 2007]. Disponible en Web: <www.etsam.upt.es>.
- _____. *Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el modo de paliarla* [en línea]. 1999. [ref. 11 de enero de 2007]. Disponible en Web: <<http://habidad.aq.upm.es/es.p2a007.html>>.
- NASI R., W. S.; CAMPOS, J. J. *Forest Ecosystem Services: Can they pay our way out of deforestation?* (Documento para discusión preparado a solicitud del GEF para la Mesa Redonda Forestal, realizada durante el II Foro de Bosques de Naciones Unidas). New York. 11 de marzo de 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL; ACADEMIA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, A.C.; ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA, A.C.; NATIONAL ACADEMY PRESS. *El suministro de agua de la ciudad de México, Mejorando la Sustentabilidad*. Washington, D.C. 1995.

[ref. 17 de julio de 2007]. Disponible en Web: <<http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/water/libro.html>>.

NOËL, J. F.; O'CONNOR, M. "Strong Sustainability and Natural Critical Capital". Faucheux, S.; O'connor, M. (ed). En: *Valuating for sustainable Development*. Edward Elgar Cheltenham. 1998.

OJEDA R. J. "Espacios naturales protegidos y desarrollo sostenible". *Geografía y espacios naturales protegidos*. España. Asociación de Geógrafos Españoles. 1984. p 273-285.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. "Pagos por servicios ambientales". *Environment Strategy Notes N° 3*. Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial. Washington. 2002.

PAGIOLA, S.; LANDELL-MILLS, N.; BISHOP J. *Mecanismos basados en el Mercado para la conservación y el desarrollo* [en línea]. Instituto Nacional de Ecología (INE). 2005. [ref. 10 de abril de 2008]. Disponible en Web: <<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/423/cap1.html>>.

PARROTA. J.; TURBULL. *Catalyzing native forest regeneration on degraded forest land. forest ecology and management* 99. (Edición especial 1, 2). 1997. p 1-290.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. *Economics of the Natural Resources and the Environment*. Harvester, Wheatsheaf. London, UK. McGregor, M. J. 1990. 378 p.

PEÑAS S, V. *¿Llueve a gusto de todos?* Editorial Espasa Calpa S.A. Madrid, España. 2006. 169 p.

PÉREZ, C. J. *Pagos por servicios hidrológicos a nivel municipal y su impacto en el desarrollo rural: la experiencia del Programa para la Agricultura Sostenible en laderas de América Central PASOLAC* Nicaragua. 2000. 5 p.

PÉREZ, E.; FARAH, M. A. "El desarrollo rural en América Latina". Bendini, *et al* (comp.). En: *El campo en la sociología actual: una perspectiva latinoamericana*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales. Postgrado en Sociología de la Agricultura Latinoamericana. 2003. p 109-127.

PIANKA, E. *Ecología Evolutiva*. Universidad de Texas, Austin. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 1982. p 105-113.

PIEDRAHITA, F. *La gestión de aguas en Empresas Públicas de Medellín y la sostenibilidad del recurso hídrico*. 2º Dialogo Internacional sobre Crisis Mundial del Agua (Gestión sostenible del agua urbana). Sevilla, España. 2006. 57 p.

PIÑERO C., J. M. *Gestión del agua en España* [en línea]. [ref. 26 de febrero de 2007]. Disponible en Web: <<http://www.worldbank.org/html/fpd/water/pdf>>.

PIOLLE, X. "Le territoire, ou des dimensions spatiales des rapports sociaux". Héryn, R.; Colette M. (eds.). En: *Espaces et Sociétés à la fin du XXe siècle*. Quelles géographies sociales, Université de Caen: Maison de la Recherche en Sciences Humaines. 1998. no. 7, p 75-86.

PONCE de L., E. "Evolución y perspectivas de la legislación ambiental en Colombia". En: *Seminario Internacional "Desarrollo Sostenible"*.

Diario El Espectador, CEI, PNUD, Ministerio del Medio Ambiente.
1997.

POMBO, D. “Estrategia nacional de biodiversidad”. En: *La política ambiental de fin de siglo*. Rodríguez B., M. (ed). 1994. p 134-136.

PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación Sobre Desarrollo y Medio Ambiente). “La gestión del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales”. En: Cuéllar, N.; Rosa S. de L, H.; Duarte, R.; Díaz, O. (Coord). *Informe Sobre Desarrollo Humano*. El Salvador. 2001. 66 p.

PROFOR, Programa de Bosques Banco Mundial. Incentivos económicos para el manejo forestal sostenible (MFS) y la restauración del paisaje. Volumen 1. Edición 2. Financiamiento Innovativo para MFS. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT). Conservación Internacional – Colombia. Forest Trends, UICN y PROFOR. 2004. p 8.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE;
BANCO MUNDIAL, INSTITUTO DE RECURSOS MUNDIALES.
Recursos Mundiales 2002. La guía global del planeta. La Gente y los ecosistemas: Se deteriora el tejido de la vida. Ecoespaña Editorial. 2002. p 4-143.

QUENEAU, R. B. *Estudio del desperdicio del agua potable en Medellín*. Colombia. The Pitomer Company, INC. New York. 1946. 55 p. Anexos.

QUINTERO, V. *Diario Últimas Noticias El Nacional*. 11 de agosto de 2003.

RANGEL, J. O. *Colombia, Diversidad biótica III: la región de vida paramuna*. Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. 2000. 902 p. ISBN 958-701-010-8.

RAMSAR. *La Convención sobre los Humedales Ramsar: Asuntos financieros y presupuestarios* [en línea]. Irán 1971. 6ª Reunión de las Partes Contratantes. Brisbane, Australia 19 a 27 de marzo de 1996. Resolución VI. 17. [ref. 2 de diciembre de 2007]. Disponible en Web: <www.ramsar.org/res/keyres_vi17_s.doc>.

_____. (1999a). *Participación de las comunidades locales y los pueblos indígenas en el manejo de los humedales* [en línea]. Irán 1971. 7ª Reunión de las Partes Contratantes de la Convención sobre los humedales. San José, Costa Rica. 10 a 18 de mayo de 1999. Resolución VII. 8. [ref. 2 de diciembre de 2007]. Disponible en Web: <www.ramsar.org/res/keyres_vii8s.htm>

_____. (1999b). *Programa de Promoción de la Convencion 1999 - 2002* [en línea]. Irán 1971. 7ª Reunión de las Partes Contratantes de la Convención sobre los humedales. San José, Costa Rica. 10 a 18 de mayo de 1999. Resolución VII. 9. [ref. 2 de diciembre de 2007]. Disponible en Web: <www.ramsar.org/res/keyres_vii09s.htm>.

RED JUVENIL. *Empresas Públicas de Medellín, la que nos desconecta el agua la energía y otros servicios* [en línea]. [ref. 24 de mayo de 2008]. Disponible en Web: <www.redjuvenil.org>.

REES E., W. "Indicadores territoriales de sustentabilidad". En: *Ecología Política*. Barcelona. Icaria Editorial. 1996. núm 12, p 27-41.

RENZETTI, S. "Incorporating demand-side information into water utility operation and planning". En: Chenowet, J.; Bird, J. *The Bussines of water and sustainable development*, Reino Unido, Greenleaf Publishing Ltd. 2005. p 23.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto Ley 2811 de 1974. Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. Ministerio de Agricultura. Imprenta Nacional.

_____. Ley 99 de diciembre de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial N° 41.146 de 22 de diciembre de 1993. Disponible en Web <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L099_93HTM>.

_____. Ley 128 de 1994. Ley Orgánica de las Áreas Metropolitanas. Diario Oficial N° 41.236, de 23 de febrero de 1994. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0128_94HTM>.

_____. Ley 142 de 1994. Ley de servicios públicos. Diario Oficial N° 41.433 de 11 de julio de 1994. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0142_94HTM>.

_____. Ley 152 de 1994. Por la cual se establece la Ley Organica del Plan de Desarrollo. Diario Oficial N° 41.450 de 19 de julio de 1994. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0152_94HTM>.

_____. Ley 160 de 1994. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial N° 41.479 de 05 de agosto de 1994. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0160_94HTM>.

_____. Ley 188 de 1995. Plan Nacional de Desarrollo e Inversiones 1995 - 1998. Diario Oficial N° 41.876, del 5 de junio de 1995. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0188_95HTM>.

_____. Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la ley 9 de 1989, y la ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial N° 43.091 de 24 de julio de 1997 Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0388_97HTM>.

_____. *Constitución Política de Colombia, 1991*. Edición 1999.

_____. Ley 505 de 1999. Por medio de la cual se fijan términos y competencias para la realización, adopción y aplicación de la estratificación a que se refieren las Leyes 142 y 177 de 1994, 188 de 1995 y 383 de 1997 y los Decretos Presidenciales 1538 y 2034 de 1996. Diario Oficial N° 43.618 de 29 de junio de 1999. Disponible en Web: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0505_99HTM>.

_____. Decreto 057 de 2002. Por el cual se establecen unas reglas para la aplicación del aporte solidario para los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. Diario Oficial N° 46.150 del 13 de enero de 2006. Disponible en Web: <http://www.superservicios.gov.co/basedoc/decreto_nacional.shtml?x=57655>.

_____. Ley 812 de 2003. Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003 – 2006, hacia un estado comunitario. Diario Oficial N° 45.231. Disponible en Web: <<http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0812003HTM>>.

_____. *S.U.I. (Sistema Único de Información de Servicios Públicos)*
[en línea]. [ref. 28 de febrero de 2008]. Disponible en web:
<<http://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp>>.

ROBINSON, G. M. *Conflict and change in the countryside*. London
Belhaven Press (A division of Printer Publishers). 1990.

ROJAS, J. *Caracterización geográfica de la cuenca hidrográfica del río
Aburrá*. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al
título de ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia,
sede Medellín. 2007.

ROSA, H.; HERRADOR, D.; GONZÁLEZ, M. “Valoración y pago por
servicios ambientales: Las experiencias de Costa Rica y El
Salvador”. *Prisma No 35*. San Salvador. 1999. p 1–20. Disponible
en Web: <<http://www.prisma.org.sv/pubs/prisma35.pdf>>.

RUEDA, S. “El ecosistema urbano y los mecanismos reguladores de
variables autogenerativas”. *Revista Ciudad y Territorio VII*. 1997. N°
100 -101. p 251-263.

SALDIVAR, A. “Valor económico del agua: Cuánto cuesta lo que no se
paga?” En: *seminarios preparatorios del XX coloquio de
antropología e historia regionales “agua, medio ambiente y
desarrollo en México”*. México. 2000.

SÁNCHEZ N., R.; MARTÍNEZ F, J. “Los Caudales Ambientales
Diagnóstico y perspectivas”. En: *Panel técnico científico de la
política de aguas*. Convenio Universidad de Sevilla- Ministerio de
Medio Ambiente. España. 2008. p 1-26.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario*. República de Colombia. 2005.

SHIKLOMANOV, I. A. *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world*. Estocolmo, Suecia. WMO y el Stockholm Enviroment Institute. 1997. p 13-14, 69.

SIERRA, B. *Las quebradas urbanas en la configuración físico-espacial de Medellín: Una tipología de usos y espacios urbanos*. Trabajo de tesis para optar al título de Magíster en Estudios Urbano Regionales. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 2004. 150 p.

SOLER, M. *Manual de gestión del medio ambiente*. España. Editorial Ariel. 1997. Capítulo 7, p 147-163.

TAMAMES, R. *Ecología y desarrollo: Polémica sobre los límites del crecimiento*. Alianza Universitaria. Madrid. 1980. 207 p.

TATTENBACH, F. *Valoración económica de los servicios ambientales: La experiencia en Costa Rica* [en línea]. Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible (SINADES), Ministerio de Planificación Nacional, Política Económica MIDEPLAN y Gobierno de Costa Rica. 1998. [ref. 25 de enero de 2007]. Disponible en Web: <<http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/biodiversidad/index-7.html>>.

TERRA NETWORKS COLOMBIA S.A. *Historia del Centro, el centro espacio de transformación* [en línea]. Medellín. [ref. 14 de julio de 2007]. Disponible en Web:

<http://www.terra.com.co/proyectos/espaciosmedellin/interiores/centro/historia_centro.htm>.

TLALOCAN, *Festival Internacional por el Agua* [en línea]. Marzo 2006, tomado de 2006. [ref. julio de 2007]. Disponible en Web: <http://www.paot.org.mx/agua/agua_mex.php>.

TORO, J.; VANEGAS, G. *La flora de los páramos y los bosques altoandinos del noroccidente medio de Antioquia*. Medellín: Corantioquia, 2002. 180 p. (Serie: Flora de los Andes). ISBN: 0-12460442-0

UCO (Universidad Católica de Oriente). (2004a). *Estudio ambiental y plan de manejo de las microcuencas abastecedoras de las plantas de potabilización de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. del Valle del Aburra*. Colombia. 2004.

_____. (2004b). *Estudio de calidad de las corrientes mediante la bioindicación- BMWP y algunos parámetros de calidad del agua*. Colombia. 2004.

UNITED NATIONS - NATIONS UNIES. *Demographic Yearbook 1990 Anuaire démographique*. Newyork Publishing Service. United Nations. 1990. 868 p. Disponible en Web: <<http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dybsets/1990%20DYB.pdf>>.

VARGAS, O. “Un modelo de sucesión – regeneración de los páramos después de quemas”. *Caldasía*. 1997. Vol 19, No. 1 y 2, p 331-345.

VÁSQUEZ, G. *Aprovechamiento múltiple del río Grande. Desarrollo de un proyecto de planificación de recursos hidráulicos*. Universidad

Nacional de Colombia, Sede Medellín. Posgrado en Recurso Hidráulicos. 1990. 142 p.

VINUESA A., J.; GARCÍA C, A. “la dinámica demográfica mundial”. En: *Estrategias para la tierra y el espacio: Geoismo y Cosmoísmo*. Lamela, A. (dir) y Moliní, F. (coor.). España. Editorial Espasa Calpe, S.A. 2007. Capítulo IV, p 137-235. ISBN 978-84-670-2517-0.

VINUESA, J.; VIDAL, M. *Los procesos de urbanización*. Madrid. Síntesis. 1991.

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; BELLO, P.; CALLEJAS L., A.; LOPEZ F., S. I.; MENDEZ G., J.; SUAREZ G., I. A.; SUAREZ G., G. M. “National natural capital accounting with the ecological footprint concept”. En: *Ecological Economics*. Elsevier. Junio de 1999. Vol 29, núm 3. p 375-390.

WATSON, R. T; ZINYOWERA, M. C.; MOSS, R. H. *Climate change 1995, impacts, adaptation and mitigation of climate change: scientific technical analyses*. Contribution of Working Group II to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Reino Unido: Cambridge, University. 1996. p 319.

WMO (World Meteorological Organization). *Comprehensive assesment of the fresh water resource*. Ginebra. 1997. p 9.

WRI (World Resources Institute); PNUMA; PNUD; BANCO MUNDIAL. *World Resources 1998 - 99*. Nueva York, Oxford University Press. 1998. p 115-116.

YARIPA. *Ecorregión estratégica valle de Aburrá - Páramo de Belmira, valle de San Nicolás. Caracterización y delimitación en las*

dinámicas urbano regionales. Corantioquia; Cornare. Medellín, Colombia 2001. p 186.

ANEXOS

ANEXO 1. SÍNTESIS HISTÓRICA DEL SERVICIO DE AGUA EN EL VALLE DE ABURRÁ (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN)

Empresas Públicas de Medellín, ahora Grupo Empresarial EPM, es la encargada de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado al área metropolitana del Valle de Aburrá. A continuación se señala la evolución del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento.

1677- Miguel de Aguinaga, Gobernador y Capitán General de la provincia, ordena que "se eche el agua de la quebrada de Aná que quede bien corriente y moliente y bien segura la tupia o rompimiento de donde se coja el agua...".

1788- El Gobernador Antonio Mon y Velarde ordena la apertura de desagües subterráneos para evacuar las aguas negras de las casas hacia las calles, y la construcción de una pila en la Plaza Mayor.

1789- Antonio Monzón, Director de las Reales Fábricas, levanta la mencionada fuente en el costado noroccidental de la Plaza Mayor.

1856- Se constituye en Medellín la Sociedad de Aguas de La Ladera, entidad privada para la prestación del servicio de acueducto.

1867- Se disuelve la mencionada Sociedad. Se crea otra con el mismo nombre, pero sobre otras bases.

1870- Medellín recibe ya las aguas de la quebrada Piedras Blancas, base del acueducto moderno, y las de sus afluentes Mazo, Guayabo, Chorrillos y Gurupera, entre otros.

1888- El Municipio decide reservarse el derecho de traer aguas a la ciudad.

1890- El Municipio adquiere el manejo de las aguas que, hasta ese entonces, eran administradas por particulares. Estos ceden al Municipio, y a perpetuidad, la propiedad de la acequia de Santa Elena, entonces en construcción.

1892- El Municipio compra el acueducto particular de Piedras Blancas, consolidando así la prestación del servicio por parte del sector público.

1893- Se decreta la modernización del acueducto de Santa Elena.

1896- Se firma el contrato para la construcción del tanque de decantación de la bocatoma Las Perlas. Se propone la instalación de tubería de hierro.

1905- El Cabildo declara de utilidad pública la tubería metálica para el servicio de acueducto.

1907- Se aprueba el acueducto metálico y se contrata la realización de los respectivos estudios.

1908- Se entregan los resultados del estudio, el cual propone la utilización exclusiva de las aguas de Piedras Blancas, desechando las de la quebrada Santa Elena.

1911- Todavía la población de escasos recursos depende de las fuentes públicas para el suministro de agua. Se cuenta con 88 surtidores, alimentados básicamente de las aguas de Piedras Blancas y Santa Elena.

1912- Se contrata la construcción del acueducto metálico.

1913- El Municipio crea la Junta Autónoma del Acueducto.

1915- Se entrega el primer tanque de acueducto, el de Santa Elena, con una capacidad de 2.400 metros cúbicos. Se realizan los primeros análisis bacteriológicos de las aguas utilizadas para el consumo doméstico.

1916- Se inicia la construcción de la red de conducción y distribución del acueducto moderno.

1917- Se inicia la instalación de las tuberías metálicas.

1919- Se crean las Empresas Publicas Municipales para la prestación del servicio de acueducto, principalmente. La tarifa era de \$1,50 por instalación.

1922- El Municipio suspende el arrendamiento de aguas por particulares e inicia la revisión de los medidores privados y de los títulos de propiedad sobre las aguas.

1923- El ingeniero norteamericano George C. Bunker recomienda suspender los acueductos de barro, por sus efectos negativos sobre la calidad del agua. Con base en los estudios de este experto se implantaría más tarde el sistema de desinfección con cloro para minimizar los riesgos de enfermedades de origen hídrico.

1924- Empieza a instalarse tubería metálica en Belén, La América y El Llano.

1925- Se inaugura la primera planta con sistema de clorinación, en La Tablaza. Empieza a registrarse una disminución del 7 por ciento en los índices de mortalidad por enfermedades de origen hídrico. Se inicia la instalación sistemática de tanques de almacenamiento.

1931- Se estudia el posible aprovechamiento de las aguas del río Medellín para solucionar la escasez de agua de la época. El proyecto es desechado por el alto grado de contaminación de esa vertiente y por el elevado costo que demandaría su purificación.

1940- Se emprende el aprovechamiento de las quebradas Piedras Blancas y Santa Elena, tratadas únicamente con cloro.

1941- Se produce la separación de las Empresas Públicas Municipales. La de Acueducto entra a integrar la Segunda Sección, junto con las del Tranvía y Teléfonos.

1943- Entra en operación la primera planta de purificación: Villa Hermosa.

1947- Se decide aumentar el abasto de agua para la ciudad, regulando los caudales de la quebrada Piedras Blancas mediante la construcción de un embalse. Se contratan los estudios de la presa con una firma norteamericana.

1949- Se inicia el aprovechamiento de la quebrada La Iguaná.

1952- Entra en servicio el embalse de Piedras Blancas.

1953- Concluye la construcción del acueducto La García.

1954- Se crea la Sección Pitométrica para controlar el fenómeno de pérdidas de agua.

1955- Se constituyen las Empresas Públicas de Medellín como establecimiento autónomo.

1956- Se construye la estación de bombeo en la quebrada La Honda.

1957- Se da al servicio la planta de potabilización de Pedregal y se amplía la de Villa Hermosa.

1958- Concluyen los estudios preliminares para el aprovechamiento del río Negro.

1963- Se inicia el aprovechamiento de la quebrada Ana Díaz.

1964- Se dan al servicio la planta de San Cristóbal y las estaciones de bombeo La Honda, La Mosca y Piedras Blancas. Concluye la perforación de un túnel para la conducción de las aguas del embalse Los Salados.

1967- Entra en funcionamiento la presa Los Salados, para aprovechar la quebrada Las Palmas, en lo que hoy constituye la primera etapa del embalse La Fe.

1968- Comienza a operar la planta La Ayurá, en Envigado.

1973- Concluyen la construcción del bombeo del río Pantanillo y la segunda etapa del embalse La Fe.

1974- Termina la segunda fase de la planta La Ayurá, con una capacidad de tratamiento de 4.7 metros cúbicos por segundo. Se inicia la construcción del proyecto río Piedras.

1979- Concluye el proyecto del río Piedras y se inicia el del río Buey.

1983- Entra en operación el proyecto del río Buey y concluye la construcción de la planta de aguas residuales de El Retiro. Se construyen también los tanques de Envigado, Sabaneta y La Estrella.

1984- Comienza la excavación del túnel blindado de Niquía, como parte del programa de aprovechamiento del río Grande.

1985- Finaliza la optimización de la planta La Ayurá, para alcanzar una capacidad de 9.6 metros cúbicos por segundo.

1991- Entra en operación Manantiales, la más moderna planta de tratamiento construida por EE.PP.M., para garantizar el suministro de agua potable al Valle de Aburrá hasta el año 2020. Se inicia el montaje del Centro de Control Acueducto, para manejar, de manera automatizada, el sistema EE.PP.M.

1993- Cumple 50 años la planta de tratamiento de Villa Hermosa. Se instala uno de los más modernos laboratorios del país en procesos, estructura y tecnología para el análisis del agua suministrada por EE.PP.M.

1994- Entra en vigencia el Plan de Expansión hasta 1999, que contempla 22 acueductos periurbanos en igual número de veredas de Medellín, la construcción de una nueva planta de tratamiento, el énfasis en el programa de control de agua no facturada y la conclusión de las obras de operación y reordenamiento de circuitos.

1995- Ingresa al sistema de aguas de EE.PP.M. el municipio de Girardota.

1996- Se inicia la construcción de la planta de aguas residuales San Fernando y entran en servicio los circuitos La Cascada y La Esmeralda. Se inician el proyecto Ajizal, en Itagüí, y las obras del acueducto multiveredal Santa Elena. Para hacer autosuficiente el sistema de acueducto en materia de energía, se construyen cuatro minicentrales de energía en los tanques de acueducto de Bello, Campestre, La América y Nutibara.

1997- EE.PP.M. empieza a prestar los servicios de agua potable y saneamiento básico en los municipios de Caldas y Barbosa.

1999- Con el municipio de El Retiro, EE.PP.M. conforma la empresa Aguas del Oriente Antioqueño S. A. Entra en operación la planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando.

2000- Los usuarios del área urbana del municipio de El Retiro comienzan a ser atendidos con los servicios de acueducto y alcantarillado de la empresa de Aguas del Oriente Antioqueño S. A. También se pone en marcha el Programa de Acueducto y Saneamiento dirigido a corregimientos y veredas, para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona rural de Medellín.

Las comunidades de las zonas centro y centro-occidental de la ciudad comienzan a beneficiarse con tres obras de amplio impacto social: microcentral Nutibara, tanque Corazón Alto y bombeo América-Corazón Alto. Se inaugura una planta embotelladora de agua en las instalaciones de la planta La Ayurá.

2001- Se inicia el saneamiento de 25 cuencas del Valle de Aburrá, gracias al programa de construcción y optimización de colectores y redes secundarias, en el marco del Plan de Saneamiento del Río Medellín.

2003- Todos los procesos del servicio de aguas de EE.PP.M obtienen certificación de calidad.

2005- Se abre licitación pública de ofertas para los diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales del norte del Valle de Aburrá, que se empezará a construir en el 2007. (Consulta hecha el 25 de septiembre de 2007 en <http://www.eppm.com/epmcom/contenido/acercade/histagua.htm>)

ANEXO 2. RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

ESTACIONES EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLÍN (E.P.M.)											
Código	Tipo	Nombre Estación	Municipio	Corriente	Departamento	Elevación	Coordenadas X	Coordenadas Y	Longitud	Latitud	Precipitación Anual
2623009	PG	Aurra	San Pedro	Aurra	Antioquia	2525	830083,1526	1201260,4818	-75,6167	6,4167	1494
2701017	PM	Don Matías	Don Matías	Grande	Antioquia	2200	854078,6750	1208568,1809	-75,4000	6,4833	2524
2701040	PM	Riogrande Almace	Don Matías	Grande	Antioquia	2070	854097,9472	1215942,6697	-75,4000	6,5500	3098
2701042	PG	Riogrande Bocace	Santa Rosa de Osos	Grande	Antioquia	2120	854088,2865	1212255,4230	-75,4000	6,5167	2446
2701043	PM	Riogrande Bocato	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2150	852244,3843	1212260,2723	-75,4167	6,5167	2141
2701044	PM	Riogrande Mocoro	Don Matías	Grande	Antioquia	1784	857785,4711	1215933,1062	-75,3667	6,5500	3432
2701051	PG	Boton El	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2500	835698,1009	1228900,4628	-75,5667	6,6667	1826
2701052	PG	Riochico	San Pedro	Grande	Antioquia	2280	844863,5352	1210436,5945	-75,4833	6,5000	1792
2701054	PM	Sta Rosa	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2550	846753,5103	1227024,5972	-75,4667	6,6500	2026
2701055	PG	Aragon	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2630	835737,3024	1241806,8201	-75,5667	6,7833	1942
2701058	PG	Rionegrito	Sta Rosa de O	Guadalupe	Antioquia	2435	859657,3811	1226989,9704	-75,3500	6,6500	2606
2701059	PG	Chaquiro El	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2750	843098,5513	1238097,3121	-75,5000	6,7500	1871
2701065	PM	Don Matías	Don Matías	Grande	Antioquia	2200	854078,6750	1208568,1809	-75,4000	6,4833	2422
2701070	PG	Haiton	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2120	868865,2636	1223280,0249	-75,2667	6,6167	3132
2701071	PG	Trinidad La	Belmira	Grande	Antioquia	2950	820962,0228	1232634,6182	-75,7000	6,7000	2128

Código	Tipo	Nombre Estación	Municipio	Corriente	Departamento	Elevación	Coordenadas X	Coordenadas Y	Longitud	Latitud	Precipitación Anual
2701072	PG	Gomez El	Belmira	Grande	Antioquia	2675	826504,1483	1236304,3313	-75,6500	6,7333	2047
2701073	PG	Medina	San Pedro	Grande	Antioquia	2620	839310,3581	1203077,3176	-75,5333	6,4333	1817
2701074	PM	Belmira	Belmira	Chico	Antioquia	2520	824613,4438	1221559,5168	-75,6667	6,6000	2492
2701075	PM	Entrerrios	Entrerrios	Grande	Antioquia	2285	844884,0782	1217811,3377	-75,4833	6,5667	1779
2701088	PM	Montanitas	Sta Rosa de O	Guadalupe	Antioquia	2630	854142,0275	1232535,3372	-75,4000	6,7000	2315
2701094	PG	San Bernardo	San Jose de La Montaña	Grande	Antioquia	1740	833917,2257	1249187,6402	-75,5833	6,8500	2032
2701095	PG	Presa Riogrande	Don Matías	Grande	Antioquia	2220	850410,3749	1215952,4781	-75,4333	6,5500	1909
2701104	PG	Captac Riogrande	San Pedro	Grande	Antioquia	2325	846697,4761	1206744,1752	-75,4667	6,4667	1814
2701522	CP	San Pedro	San Pedro	Chico	Antioquia	2392	835643,2735	1210462,9075	-75,5667	6,5000	1775
2701523	CP	Cucurucho	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2580	843066,5780	1227035,0501	-75,5000	6,6500	1805
2701524	CP	Riogrande	Don Matías	Grande	Antioquia	2210	854088,2865	1212255,4230	-75,4000	6,5167	2274
2702029	PG	Montanitas	Sta Rosa de O	Tenche	Antioquia	2630	854142,0275	1232535,3372	-75,4000	6,7000	2389
ESTACIONES IDEAM											
2701083	PM	San Isidro	Entrerrios	Grande	Antioquia	2320	841196,5020	1217821,7848	-75,5167	6,5667	2253
2701084	PM	San Pablo	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	1900	870704,3645	1221432,1333	-75,2500	6,6000	3451
2701087	PM	Belmira	Belmira	Chico	Antioquia	2540	826457,2394	1221553,6808	-75,6500	6,6000	2112
2701511	CO	Aragon	Sta Rosa de O	Grande	Antioquia	2600	835737,3024	1241806,8201	-75,5667	6,7833	1918

PM: Pluviométrica, CP: Climatológica, PG: Pluviográfica, CO: Climatologica Ordinaria.

ANEXO 3. MODELAMIENTO DE LA PRECIPITACION

A continuación se indica cual fue el modelo finalmente ajustado y su correspondiente tabla de parámetros estimados a partir del modelamiento de la serie de precipitación suministrada por el IDEAM, conforme los registros obtenidos de las diferentes estaciones ubicadas en la zona:

Modelo

$$(1) \ln(\text{ideamprom}_t) = B_0 + B_1 \cdot t + B_2 \cdot I_{1_t} + B_3 \cdot I_{3_t} + \dots + B_{11} \cdot I_{11_t} + U_t \\ t=1,2,3,\dots,412.$$

$$(2) U_t = D_1 \cdot U_{t-1} + D_2 \cdot U_{t-2} + D_3 \cdot U_{t-3} + D_5 \cdot U_{t-5} + D_6 \cdot U_{t-6} + E_t \\ t=1,2,3,\dots,412.$$

Supuestos:

E_t es un ruido blanco, es decir, los E_t son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, normales con media cero y varianza constante σ^2 .

Convenciones

$_x$: subíndice x.

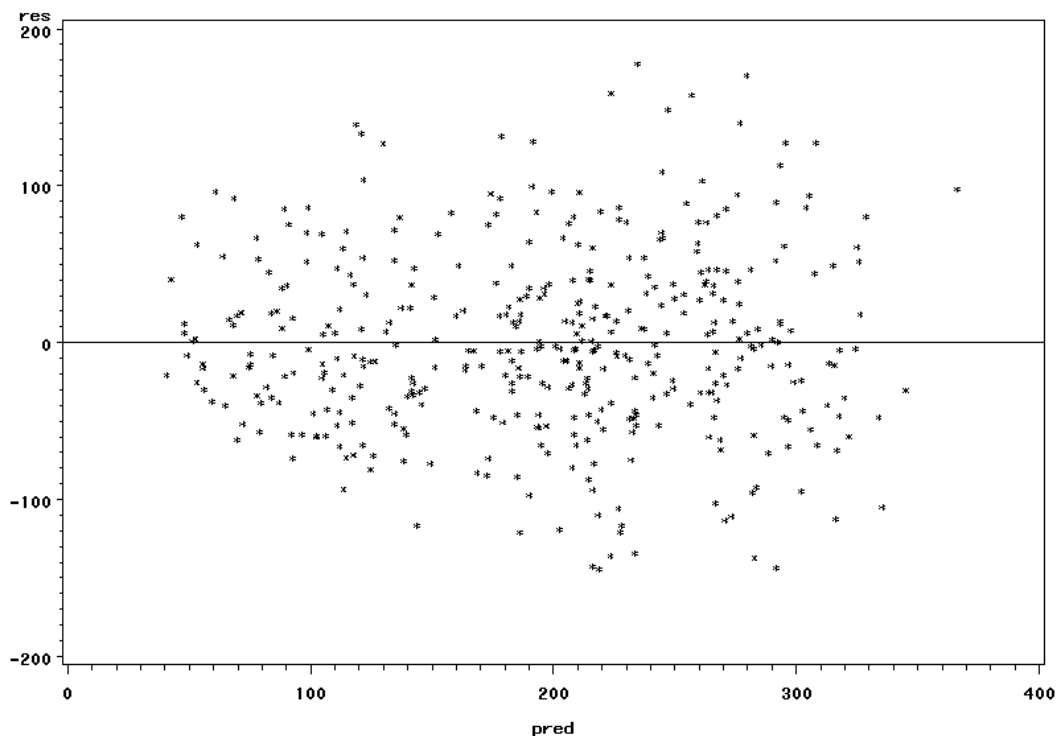
I_{j_t} : es la indicadora de si la observación t pertenece al mes j.

U_t : es el proceso autorregresivo en los residuales del modelo (1).

Nota: El nivel de referencia es I_{12} (diciembre), es decir, cuando todas las indicadoras valen cero se tiene una observación de diciembre. Además, observe que la indicadora I_2 no aparece en los parámetros estimados, lo cual indica que el logaritmo natural de la precipitación promedio en las

estaciones del IDEAM, en el mes de febrero es el mismo que el de diciembre.

Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx. > t 	Pr
Intercept	1	128.2853	12.1455	10.56	<.0001	
T	1	-0.0942	0.0388	-2.43	0.0156	
I1	1	-35.622	11.1593	-3.19	0.0015	
I3	1	42.8013	12.1822	3.51	0.0005	
I4	1	122.1647	12.7231	9.6	<.0001	
I5	1	180.2874	13.0856	13.78	<.0001	
I6	1	115.4555	14.093	8.19	<.0001	
I7	1	140.7378	15.5104	9.07	<.0001	
I8	1	101.1474	13.8983	7.28	<.0001	
I9	1	156.6043	13.1501	11.91	<.0001	
I10	1	187.6826	13.0034	14.43	<.0001	
I11	1	87.8304	12.4447	7.06	<.0001	
AR1	1	-0.2799	0.0501	-5.58	<.0001	
AR2	1	-0.1494	0.0519	-2.88	0.0042	
AR3	1	0.1097	0.0518	2.12	0.0349	
AR5	1	-0.1688	0.0512	-3.3	0.0011	
AR6	1	0.0969	0.0505	1.92	0.0556	



The SAS System

The UNIVARIATE Procedure

Variable: res

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.993203	Pr < W	0.0598
Kolmogorov-Smirnov	D	0.043652	Pr > D	0.0550
Cramer-von Mises	W-Sq	0.144384	Pr > W-Sq	0.0289
Anderson-Darling	A-Sq	0.812566	Pr > A-Sq	0.0372

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure

Variable: res

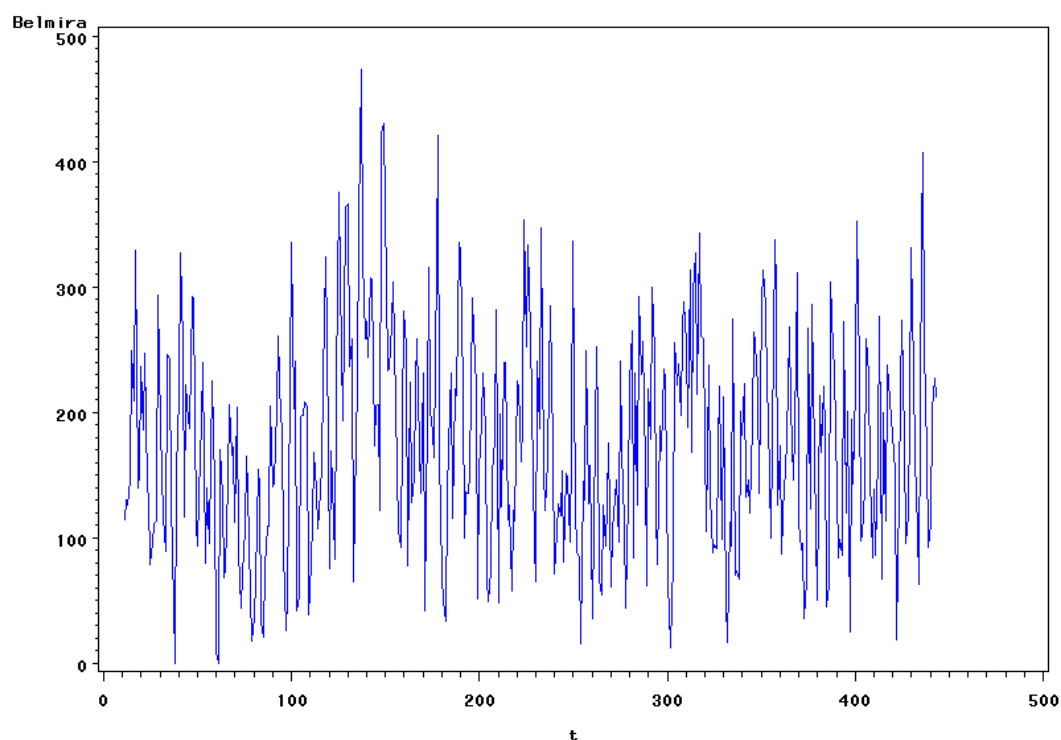
Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.993203	Pr < W	0.0598
Kolmogorov-Smirnov	D	0.043652	Pr > D	0.0550
Cramer-von Mises	W-Sq	0.144384	Pr > W-Sq	0.0289
Anderson-Darling	A-Sq	0.812566	Pr > A-Sq	0.0372

The SAS System

The UNIVARIATE Procedure

Variable: res

Tests for Normality				
Test	Statistic		p Value	
Shapiro-Wilk	W	0.993203	Pr < W	0.0598
Kolmogorov-Smirnov	D	0.043652	Pr > D	0.0550
Cramer-von Mises	W-Sq	0.144384	Pr > W-Sq	0.0289
Anderson-Darling	A-Sq	0.812566	Pr > A-Sq	0.0372



The SAS System

The AUTOREG Procedure

Dependent Variable	ideam_prom
---------------------------	------------

Ordinary Least Squares Estimates			
SSE	1633881.14	DFE	400
MSE	4085	Root MSE	63.91168
SBC	4655.06116	AIC	4606.80888
Regress R-Square	0.5602	Total R-Square	0.5602
Durbin-Watson	1.3946		

Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	129.3118	9.6836	13.35	<.0001
t	1	-0.0981	0.0256	-3.82	0.0002
I1	1	-35.8936	13.2072	-2.72	0.0069
I3	1	40.7789	13.2073	3.09	0.0022
I4	1	121.4469	13.3299	9.11	<.0001
I5	1	181.5241	13.3298	13.62	<.0001
I6	1	115.2354	13.5921	8.48	<.0001
I7	1	141.9987	15.2847	9.29	<.0001
I8	1	100.4295	13.3294	7.53	<.0001
I9	1	154.0000	13.4576	11.44	<.0001
I10	1	188.6472	13.5932	13.88	<.0001
I11	1	88.5761	13.4609	6.58	<.0001

Estimates of Autocorrelations			
Lag	Covariance	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1
0	3965.7	1.000000	*****
1	1226.9	0.309368	*****
2	765.8	0.193094	****
3	72.5981	0.018306	
4	321.0	0.080945	**
5	536.1	0.135194	***
6	-15.7394	-0.003969	
7	-7.9128	-0.001995	
8	174.5	0.044005	*

Estimates of Autocorrelations			
Lag	Covariance	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1
9	343.5	0.086617	**
10	404.8	0.102079	**
11	118.8	0.029948	*
12	-19.9277	-0.005025	
13	81.6783	0.020596	

Backward Elimination of Autoregressive Terms			
Lag	Estimate	t Value	Pr > t
11	-0.000299	-0.01	0.9955
13	-0.018629	-0.37	0.7112
9	-0.025223	-0.48	0.6336
7	0.022152	0.42	0.6772
12	0.035968	0.75	0.4536
10	-0.047290	-0.98	0.3284
4	-0.062123	-1.20	0.2322
8	-0.082460	-1.71	0.0882

Preliminary MSE	3422.6
------------------------	--------

Estimates of Autoregressive Parameters			
Lag	Coefficient	Standard Error	t Value
1	-0.286999	0.049802	-5.76
2	-0.144038	0.051217	-2.81

Estimates of Autoregressive Parameters			
Lag	Coefficient	Standard Error	t Value
3	0.111182	0.050536	2.20
5	-0.162562	0.050286	-3.23
6	0.102685	0.049713	2.07

Expected Autocorrelations	
Lag	Autocorr
0	1.0000
1	0.3007
2	0.1970
3	0.0188
4	0.0290
5	0.1208
6	-0.0170

Algorithm converged.

Maximum Likelihood Estimates			
SSE	1410267.37	DFE	395
MSE	3570	Root MSE	59.75196
SBC	4626.3732	AIC	4558.0158
Regress R-Square	0.5056	Total R-Square	0.6204
Durbin-Watson	1.9981		

Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	128.2853	12.1455	10.56	<.0001
t	1	-0.0942	0.0388	-2.43	0.0156
I1	1	-35.6220	11.1593	-3.19	0.0015
I3	1	42.8013	12.1822	3.51	0.0005
I4	1	122.1647	12.7231	9.60	<.0001
I5	1	180.2874	13.0856	13.78	<.0001
I6	1	115.4555	14.0930	8.19	<.0001
I7	1	140.7378	15.5104	9.07	<.0001
I8	1	101.1474	13.8983	7.28	<.0001
I9	1	156.6043	13.1501	11.91	<.0001
I10	1	187.6826	13.0034	14.43	<.0001
I11	1	87.8304	12.4447	7.06	<.0001
AR1	1	-0.2799	0.0501	-5.58	<.0001
AR2	1	-0.1494	0.0519	-2.88	0.0042
AR3	1	0.1097	0.0518	2.12	0.0349
AR5	1	-0.1688	0.0512	-3.30	0.0011
AR6	1	0.0969	0.0505	1.92	0.0556

Expected Autocorrelations	
Lag	Autocorr
0	1.0000
1	0.2951
2	0.2000
3	0.0220
4	0.0341
5	0.1311
6	-0.0077

Autoregressive parameters assumed given.					
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	128.2853	12.1421	10.57	<.0001
t	1	-0.0942	0.0388	-2.43	0.0156
I1	1	-35.6220	11.1569	-3.19	0.0015
I3	1	42.8013	12.1694	3.52	0.0005
I4	1	122.1647	12.7157	9.61	<.0001
I5	1	180.2874	13.0711	13.79	<.0001
I6	1	115.4555	14.0754	8.20	<.0001
I7	1	140.7378	15.5062	9.08	<.0001
I8	1	101.1474	13.8954	7.28	<.0001
I9	1	156.6043	13.1423	11.92	<.0001
I10	1	187.6826	12.9931	14.44	<.0001
I11	1	87.8304	12.4403	7.06	<.0001

Autoregressive parameters assumed given.					
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t

The SAS System

The ARIMA Procedure

Autocorrelations					
Lag	Covariance	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1	Std Error	
0	3422.968	1.00000	*****	0	
1	31.482654	0.00920	. .	0.048393	
2	-0.950022	-.00028	. .	0.048397	
3	-90.664804	-.02649	.* .	0.048397	
4	158.406	0.04628	.* .	0.048431	
5	-6.848232	-.00200	. .	0.048535	
6	-20.616982	-.00602	. .	0.048535	
7	-150.448	-.04395	.* .	0.048537	
8	165.198	0.04826	.* .	0.048630	
9	188.715	0.05513	.* .	0.048742	
10	265.840	0.07766	.** .	0.048888	
11	36.785377	0.01075	. .	0.049176	
12	-41.698672	-.01218	. .	0.049181	
13	130.397	0.03809	.* .	0.049188	
14	-169.911	-.04964	.* .	0.049258	
15	-78.303396	-.02288	. .	0.049375	
16	-195.661	-.05716	.* .	0.049399	
17	-204.921	-.05987	.* .	0.049554	

Autocorrelations				
Lag	Covariance	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1	Std Error
18	2.744005	0.00080	. .	0.049723
19	174.504	0.05098	. *	0.049723
20	-44.795263	-.01309	. .	0.049845
21	-211.091	-.06167	.* .	0.049853
22	-167.575	-.04896	.* .	0.050032
23	229.133	0.06694	. *	0.050144
24	-166.820	-.04874	.* .	0.050353
25	-151.262	-.04419	.* .	0.050463
26	-300.444	-.08777	** .	0.050554
27	143.202	0.04184	. *	0.050909
28	9.063628	0.00265	. .	0.050990
29	49.344380	0.01442	. .	0.050990
30	-141.911	-.04146	.* .	0.051000
31	11.032747	0.00322	. .	0.051078
32	-139.615	-.04079	.* .	0.051079
33	-151.344	-.04421	.* .	0.051155
34	118.042	0.03449	. *	0.051244
35	37.149213	0.01085	. .	0.051299
36	-18.455046	-.00539	. .	0.051304

"," marks two standard errors

Partial Autocorrelations		
Lag	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1
1	0.00920	. .
2	-0.00036	. .
3	-0.02648	. * .
4	0.04680	. * .
5	-0.00293	. .
6	-0.00669	. .
7	-0.04146	. * .
8	0.04707	. * .
9	0.05434	. * .
10	0.07555	. ** .
11	0.01595	. .
12	-0.01440	. .
13	0.03728	. * .
14	-0.05815	. * .
15	-0.01910	. .
16	-0.05175	. * .
17	-0.06533	. * .
18	-0.00424	. .
19	0.04040	. * .
20	-0.01511	. .
21	-0.06638	. * .
22	-0.04703	. * .
23	0.06162	. * .

Partial Autocorrelations																						
Lag	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
24	-0.04220							*														
25	-0.02389																					
26	-0.06719							*														
27	0.04524									*												
28	-0.00372																					
29	0.01215																					
30	-0.01939																					
31	-0.00374																					
32	-0.04705							*														
33	-0.05602							*														
34	0.06000									*												
35	0.02105																					
36	-0.00588																					

Autocorrelation Check for White Noise									
To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	Autocorrelations					
6	1.17	6	0.9783	0.009	-0.000	-0.026	0.046	-0.002	-0.006
12	6.45	12	0.8916	-0.044	0.048	0.055	0.078	0.011	-0.012
18	10.76	18	0.9042	0.038	-0.050	-0.023	-0.057	-0.060	0.001
24	16.76	24	0.8587	0.051	-0.013	-0.062	-0.049	0.067	-0.049
30	21.78	30	0.8621	-0.044	-0.088	0.042	0.003	0.014	-0.041
36	23.61	36	0.9443	0.003	-0.041	-0.044	0.034	0.011	-0.005

The SAS System

The AUTOREG Procedure

Dependent Variable	ideam_prom
---------------------------	------------

Ordinary Least Squares Estimates			
SSE	1633881.14	DFE	400
MSE	4085	Root MSE	63.91168
SBC	4655.06116	AIC	4606.80888
Regress R-Square	0.5602	Total R-Square	0.5602
Durbin-Watson	1.3946		

Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	129.3118	9.6836	13.35	<.0001
t	1	-0.0981	0.0256	-3.82	0.0002
I1	1	-35.8936	13.2072	-2.72	0.0069
I3	1	40.7789	13.2073	3.09	0.0022
I4	1	121.4469	13.3299	9.11	<.0001
I5	1	181.5241	13.3298	13.62	<.0001
I6	1	115.2354	13.5921	8.48	<.0001
I7	1	141.9987	15.2847	9.29	<.0001
I8	1	100.4295	13.3294	7.53	<.0001
I9	1	154.0000	13.4576	11.44	<.0001
I10	1	188.6472	13.5932	13.88	<.0001
I11	1	88.5761	13.4609	6.58	<.0001

Estimates of Autocorrelations			
Lag	Covariance	Correlation	-1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1
0	3965.7	1.000000	*****
1	1226.9	0.309368	*****
2	765.8	0.193094	****
3	72.5981	0.018306	
4	321.0	0.080945	**
5	536.1	0.135194	***
6	-15.7394	-0.003969	
7	-7.9128	-0.001995	
8	174.5	0.044005	*
9	343.5	0.086617	**
10	404.8	0.102079	**
11	118.8	0.029948	*
12	-19.9277	-0.005025	
13	81.6783	0.020596	

Backward Elimination of Autoregressive Terms			
Lag	Estimate	t Value	Pr > t
11	-0.000299	-0.01	0.9955
13	-0.018629	-0.37	0.7112
9	-0.025223	-0.48	0.6336
7	0.022152	0.42	0.6772
12	0.035968	0.75	0.4536
10	-0.047290	-0.98	0.3284

Backward Elimination of Autoregressive Terms			
Lag	Estimate	t Value	Pr > t
4	-0.062123	-1.20	0.2322
8	-0.082460	-1.71	0.0882

Preliminary MSE 3422.6

Estimates of Autoregressive Parameters			
Lag	Coefficient	Standard Error	t Value
1	-0.286999	0.049802	-5.76
2	-0.144038	0.051217	-2.81
3	0.111182	0.050536	2.20
5	-0.162562	0.050286	-3.23
6	0.102685	0.049713	2.07

Expected Autocorrelations	
Lag	Autocorr
0	1.0000
1	0.3007
2	0.1970
3	0.0188
4	0.0290
5	0.1208
6	-0.0170

Algorithm converged.

Maximum Likelihood Estimates			
SSE	1410267.37	DFE	395
MSE	3570	Root MSE	59.75196
SBC	4626.3732	AIC	4558.0158
Regress R-Square	0.5056	Total R-Square	0.6204
Durbin-Watson	1.9981		

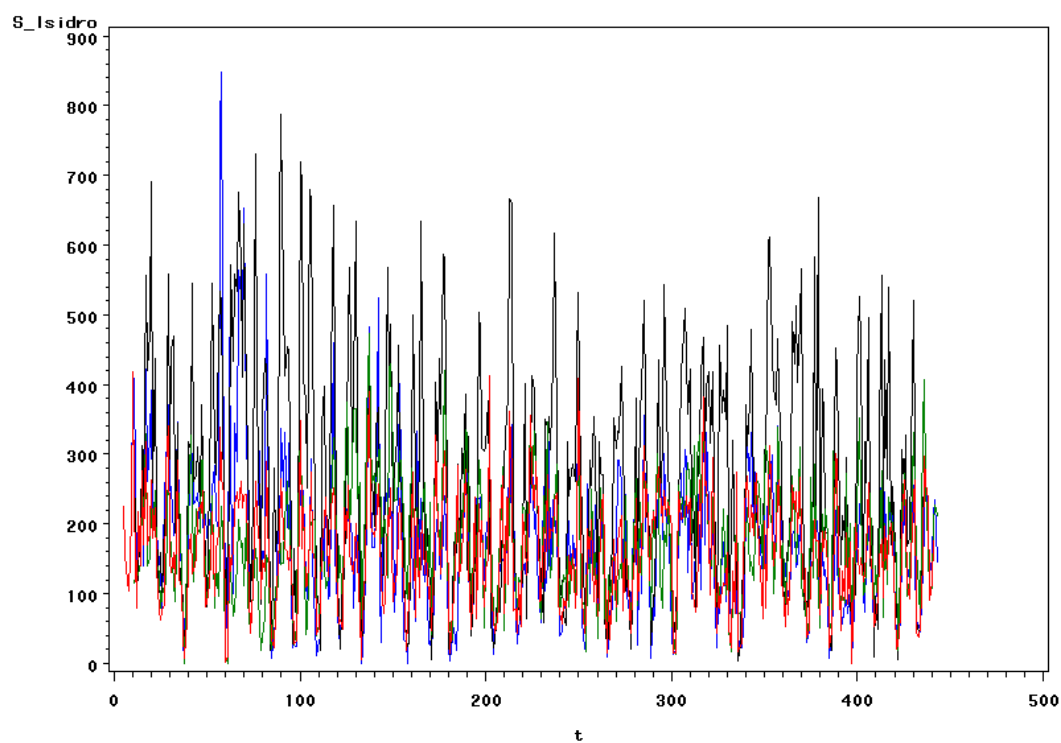
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	128.2853	12.1455	10.56	<.0001
t	1	-0.0942	0.0388	-2.43	0.0156
I1	1	-35.6220	11.1593	-3.19	0.0015
I3	1	42.8013	12.1822	3.51	0.0005
I4	1	122.1647	12.7231	9.60	<.0001
I5	1	180.2874	13.0856	13.78	<.0001
I6	1	115.4555	14.0930	8.19	<.0001
I7	1	140.7378	15.5104	9.07	<.0001
I8	1	101.1474	13.8983	7.28	<.0001
I9	1	156.6043	13.1501	11.91	<.0001
I10	1	187.6826	13.0034	14.43	<.0001
I11	1	87.8304	12.4447	7.06	<.0001
AR1	1	-0.2799	0.0501	-5.58	<.0001
AR2	1	-0.1494	0.0519	-2.88	0.0042
AR3	1	0.1097	0.0518	2.12	0.0349

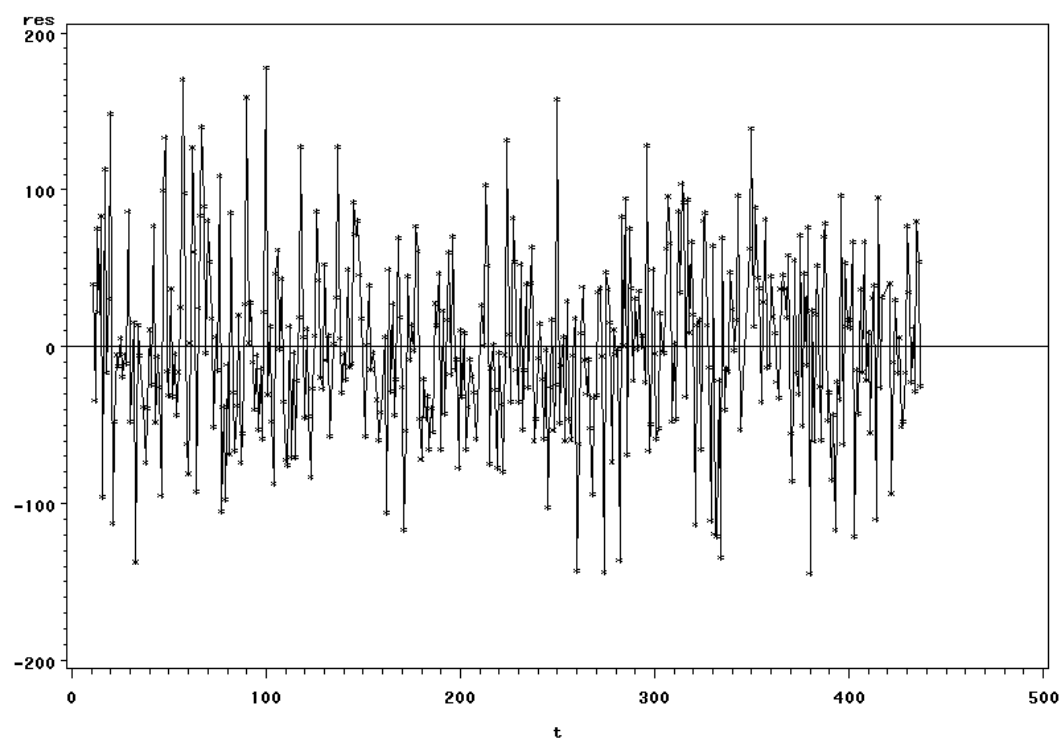
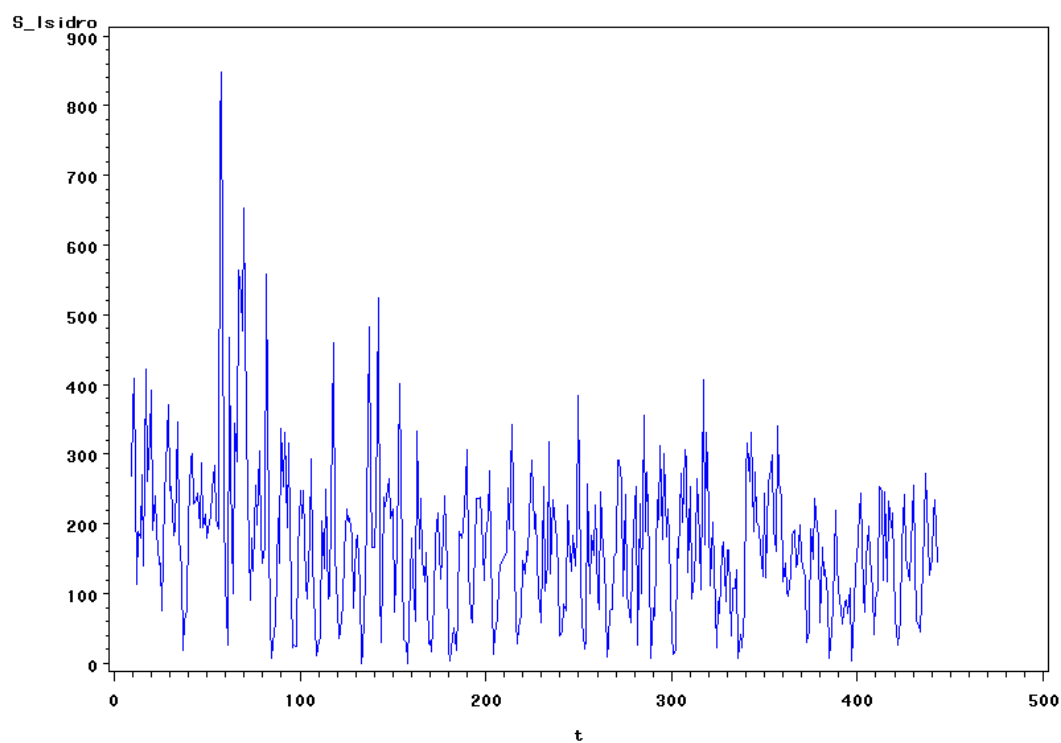
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
AR5	1	-0.1688	0.0512	-3.30	0.0011
AR6	1	0.0969	0.0505	1.92	0.0556

Expected Autocorrelations	
Lag	Autocorr
0	1.0000
1	0.2951
2	0.2000
3	0.0220
4	0.0341
5	0.1311
6	-0.0077

Autoregressive parameters assumed given.					
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
Intercept	1	128.2853	12.1421	10.57	<.0001
t	1	-0.0942	0.0388	-2.43	0.0156
I1	1	-35.6220	11.1569	-3.19	0.0015
I3	1	42.8013	12.1694	3.52	0.0005
I4	1	122.1647	12.7157	9.61	<.0001
I5	1	180.2874	13.0711	13.79	<.0001
I6	1	115.4555	14.0754	8.20	<.0001
I7	1	140.7378	15.5062	9.08	<.0001
I8	1	101.1474	13.8954	7.28	<.0001

Autoregressive parameters assumed given.					
Variable	DF	Estimate	Standard Error	t Value	Approx Pr > t
I9	1	156.6043	13.1423	11.92	<.0001
I10	1	187.6826	12.9931	14.44	<.0001
I11	1	87.8304	12.4403	7.06	<.0001





ANEXO 4. ENCUESTA PERCEPCIÓN: GESTIÓN Y USO DEL AGUA EN LA CUENCA Y EN LA REGIÓN

Nombre de la fuente de Agua_____

1. Sabe usted donde nace esta fuente de agua? Si__ Donde?_____ No__

2. Para donde va esta agua? _____

3. Sabe quién se beneficia o toma esta agua? Si__ Quien?_____No__

4. Usa usted esta agua? Si__ En qué? _____Consumo No__

__Cultivos

__Ganadería

__Pesca

__Otro_____

5. Está contaminada el agua? Si__ con qué? __ Vertimientos No__

__pesticidas

__Animales muertos

__Basuras

__Otro_____

6. Quien contamina? Usted__ otro__ Quien?_____

7. Que hace falta para mejor la protección?

8. Ha recibido usted algún tipo de:

Compensación o incentivo__ Prohibición__

Por parte de: Municipio__ Corantioquia __ EPM__ Todas__ Ninguna__
Otra__ Cual?_____

9. Practica actividades de conservación? Si__ No__

Retiro__ Cercamiento__ Reforestación__ Regeneración natural__

Otro__ Cual?_____

ANEXO 5. RESULTADOS MODELAMIENTO HIDROSIG

Principales características de las estaciones limnigráficas utilizadas para el análisis con el paquete Hidrosig.

Código	Tipo	Nombre	Corriente	Municipio	Coordenadas [lat-long]	Altura (m)	Área Drenaje (km ²) IDEAM	Periodo de Registro
2701767	LG	Ye_La_Rg	Chico	San Pedro	06:28:00.0 N 75:33:00.0 O	2340	170	01/ 1982 12/ 2000
2701725	LG	Riochico	Chico	San Pedro	06:30:00.0 N 75:28:00.0 O	2220	-99999	01/ 1954 12/ 1988
2701706	LG	Boton_El	Grande	Santa Rosa	06:39:00.0 N 75:33:00.0 O	2500	330	01/ 1954 12/ 2000
2701707	LG	Pte_Belmira	Grande	Santa Rosa	06:39:00.0 N 75:31:00.0 O	2440	437	01/ 1954 12/ 1999
2701703	LG	Templete_El	Grande	Don Matías	06:30:00.0 N 75:26:00.0 O	2160	1056	01/ 1942 12/ 1996

Resultado del promedio multianual del caudal para las estaciones utilizadas (m³/s).

Código	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
2701767	3.52	3.35	3.87	5.17	6.12	4.83	4.06	4.06	5.07	6.82	6.55	5.03
2701725	5.59	5.13	4.83	5.38	7.07	7.24	6.18	6.11	7.23	8.26	9.65	9.65
2701706	8.54	8.28	8.64	12.44	16.26	13.23	11.09	11.15	13.20	17.40	17.00	11.96
2701707	10.81	10.35	10.88	15.03	18.73	16.35	14.61	14.25	16.21	20.17	19.78	14.60
2701703	23.72	22.72	23.54	33.36	41.58	36.63	33.38	33.23	35.97	45.41	44.41	32.85

ANEXO 6. ATRIBUTOS DE LAS UNIDADES DE PAISAJE

UNIDAD DE PAISAJE	ÁREA	EMBALSE		PRODUCCIÓN AGROPECUARIA		PROTECCIÓN		PROTECCIÓN-PRODUCCIÓN		SISTEMA AGRO-SILVOPASTORIL		ZONA URBANA	
	ha	ha	%	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
A	5.330,6	--	--	--	--	4.532,5	85,03	798,9	14,99	--	--	--	--
B	2.389,0	--	--	309,0	12,93	274,1	11,47	1.805,9	75,59	--	--	--	--
C	6.620,9	--	--	1.611,7	24,34	1.256,2	18,97	3.759,4	56,78	--	--	--	--
D	16.167,1	9,3	0,06	6.052,9	37,44	1.008,9	6,24	7.808,8	48,30	1.031,4	6,38	251,9	1,56
E	5.992,0	1.593,0	26,58	1.259,2	21,01	9,8	0,16	2.863,3	47,79	266,2	4,44	--	--
F	7.214,5	1,2	0,02	2.918,1	40,45	--	--	4.295,2	59,54	--	--	--	--
G	33.241,5	63,4	0,19	14.114,2	42,46	2.198,9	6,61	14.985,6	45,08	1.878,5	5,65	--	--
H	4.243,9	--	--	2.959,2	69,73	--	--	769,5	18,13	518,6	12,22	--	--
I	6.760,7	--	--	5.003,8	74,01	--	--	1.610,2	23,82	146,5	2,17	--	--
J	10.490,5	--	--	4.763,7	45,41	2.181,0	20,79	3.088,5	29,44	457,3	4,36	--	--
K	26.021,4	--	--	18.611,1	71,52	402,4	1,55	6.071,5	23,33	936,4	3,60	--	--
L	4.167,0	--	--	--	--	3.984,3	95,61	178,7	4,29	--	--	--	--
TOTAL	128.639,1	1.666,7	1,30	57.602,8	44,78	15.848,0	12,32	48.035,6	37,34	5.234,8	4,07	251,9	0,20

Fuente: elaboración propia.

UNIDAD DE PAISAJE	ÁREA m ²	ÁREA ha.	% del ÁREA TOTAL	PERIMETRO m.	PENDIENTE PREDOMINANTE (%) EN COBERTURA PRINCIPAL	COBERTURA PRINCIPAL	GEOMORFOLOGIA
A	53.316.254,7	5.331,6	4,14	104.723,3	0	Br	Vertientes onduladas
B	23.889.635,7	2.389,0	1,86	33.914,1	0	Bi	Vertientes colinadas a escarpadas
C	66.209.167,5	6.620,9	5,15	61.044,4	0	Pm	Sistema de filos y cerros
D	161.670.862,9	16.167,1	12,57	95.342,3	0	Pm	Vertientes onduladas
E	59.920.283,7	5.992,0	4,66	59.467,9	0	Bp	Colinas Altas
F	72.144.765,0	7.214,5	5,61	45.813,4	0	Pm	Colinas Altas
G	332.415.401,6	33.241,5	25,84	133.176,2	0	Pe	Colinas bajas
H	42.439.210,2	4.243,9	3,30	45.286,0	25 - 50	Pm	Vertientes colinadas a escarpadas
I	67.606.861,7	6.760,7	5,26	43.113,1	12 - 25	Pm	Colinas Medias
J	104.904.658,2	10.490,5	8,15	50.610,0	0 - 12	Pm	Vertientes colinadas a escarpadas
K	260.214.324,2	26.021,4	20,23	118.653,7	0 - 12	Pm	Colinas bajas
L	41.669.943,7	4.167,0	3,24	43.824,4	25 - 50	Vp	Vertientes onduladas
TOTAL		128.640,1	100,00				

Fuente: elaboración propia.

ANEXO 7. CALCULO DE CAUDAL DISPONIBLE

A continuación se describen las unidades de paisaje que fueron utilizadas para la estimación del caudal disponible en cada una de ellas y así el caudal disponible en la cuenca:

- A. Unidad bosque de roble en vertientes onduladas a planas en la parte alta de las cuencas de los ríos Grande y Chico.
- B. Bosques intervenidos en la vertiente escarpada y colinada en la parte alta de la cuenca del río Grande.
- C. Rastrojos altos, pastos y parches de bosque natural intervenido en el sistema de filos y cerros de la cuenca del río Chico.
- D. Pastos en las vertientes colinadas y onduladas a ambos lados del río Chico.
- E. Bosques plantados
- F. Pasto, rastrojo y cultivos en paisaje colinado
- G. Rastrojo alto en colinas altas y bajas en la cuenca del río Grande
- H. Cultivos en vertientes planas del río Grande
- I. Pastos en colinas medias y altas en la cuenca del río Grande
- J. Pastos, rastrojos y bosque de roble en vertientes colinadas en la cuenca alta del río Grande.
- K. Pastos en colinas bajas y en superficies de sedimento a pequeñas manchas de roble.
- L. Unidad páramos y arbustales del bosque alto andino en vertientes planas a escarpadas en la parte alta de las cuencas de los ríos Grande y Chico.

U. PAISAJE	Área km ²	Altura			Temperatura °C		
		Max	Media	Min	Max	Media	Min
A	53,3	3250	3038	2600	13,47	11,68	9,92
B	23,9	2989	2715	2442	14,5	13,16	11,41
C	66,2	3051	2659	2442	14,5	13,28	11,06
D	161,7	3004	2577	2472	14,33	13,73	11,32
E	59,9	2654	2291	2089	16,49	15,35	13,3
F	72,1	2707	2435	2296	15,31	14,52	12,98
G	332,4	2712	2296	1064	22,28	15,31	12,96
H	42,4	2457	1620	1031	22,47	19,13	14,4
I	67,6	2602	2294	2074	16,57	15,32	13,58
J	104,9	2868	2703	2564	13,3	13,02	12,15
K	260,2	2954	2575	2306	15,27	13,75	11,61
L	41,7	3315	3053	2688	13,11	11,05	9,56

U. PAISAJE	PPAM mm/año			L2 medio	L2 mínimo	L2 Max
	Max	Media	Min			
A	2637	2206	1874	451.141,50	576.005,78	576.005,78
B	2085	1942	1867	551.983,80	664.112,94	664.112,94
C	2006	1856	1749	561.153,77	664.112,94	664.112,94
D	2159	1878	1717	597.009,82	648.640,95	648.640,95
E	2534	2005	1861	747.516,33	876.935,09	876.935,09
F	2180	1914	1823	665.958,61	743.354,72	743.354,72
G	3306	2332	1910	743.354,72	1.988.065,65	1.988.065,65
H	3316	3010	2647	1.273.033,30	2.042.058,61	2.042.058,61
I	2833	2423	1940	744.392,85	886.849,78	886.849,78
J	2617	2223	2067	541.486,67	562.697,79	562.697,79
K	2597	2088	1878	598.658,84	739.217,37	739.217,37
L	2434	2233	2077	414.364,66	548.210,17	548.210,17

U. PAISAJE	P2 media	P2 min	P2 max	Denominador media	Denominador mínimo	Denominador max
A	4.866.436	3.511.876	6.953.769	3,42	2,65	3,60
B	3.771.364	3.485.689	4.347.225	2,78	2,48	2,73
C	3.444.736	3.059.001	4.024.036	2,65	2,35	2,64
D	3.526.884	2.948.089	4.661.281	2,61	2,33	2,84
E	4.020.025	3.463.321	6.421.156	2,51	2,20	2,87
F	3.663.396	3.323.329	4.752.400	2,53	2,32	2,70
G	5.438.224	3.648.100	10.929.636	2,87	1,65	2,53
H	9.060.100	7.006.609	10.995.856	2,83	2,08	2,51
I	5.870.929	3.763.600	8.025.889	2,96	2,27	3,15
J	4.941.729	4.272.489	6.848.689	3,17	2,91	3,62
K	4.359.744	3.526.884	6.744.409	2,86	2,38	3,17
L	4.986.289	4.313.929	5.924.356	3,60	2,96	3,42

U. PAISAJE	ETP	ETP Extremo	ETP Max	Q (l/seg) prom salida de la cuenca	Q (l/seg) prom salida de la cuenca Extremo	Q (l/seg) prom salida de la cuenca max
A	645,3	708,5	732,1	2.638,3	1.970,3	3.220,1
B	698,4	752,9	764,1	942,1	843,9	1.000,6
C	699,6	745,4	760,4	2.427,9	2.107,1	2.615,1
D	719,8	735,8	759,2	5.937,7	5.030,1	7.175,9
E	800,2	845,1	883,7	2.289,1	1.930,3	3.135,6
F	756,5	786,6	807,2	2.647,8	2.370,7	3.140,3
G	813,6	1.154,9	1.307,1	16.005,1	7.959,0	21.070,2
H	1.063,1	1.271,9	1.322,7	2.619,5	1.850,1	2.681,8
I	817,4	855,4	898,1	3.441,7	2.325,0	4.147,6
J	702,1	709,3	723,8	5.059,2	4.516,3	6.297,3
K	729,9	788,6	820,3	11.205,6	8.988,8	14.660,2
L	620,9	701,4	711,4	2.129,6	1.817,2	2.275,6

U. PAISAJE	Regimen Hidrológico (PPAM-ET) Extremo	Regimen Hidrológico (PPAM-ETP) max	Regimen Hidrológico (PPAM-ETP)	Caudal Ecologico (L/seg)	Caudal Ecologico Extremo (L/seg)	Caudal Ecologico Max (L/seg)
A	1.560,7	1.165,5	1.904,9	659,6	492,6	805,0
B	1.243,6	1.114,1	1.320,9	235,5	211,0	250,2
C	1.156,4	1.003,6	1.245,6	607,0	526,8	653,8
D	1.158,2	981,2	1.399,8	1.484,4	1.257,5	1.794,0
E	1.204,8	1.015,9	1.650,3	572,3	482,6	783,9
F	1.157,5	1.036,4	1.372,8	661,9	592,7	785,1
G	1.518,4	755,1	1.998,9	4.001,3	1.989,7	5.267,5
H	1.946,9	1.375,1	1.993,3	654,9	462,5	670,5
I	1.605,6	1.084,6	1.934,9	860,4	581,2	1.036,9
J	1.520,9	1.357,7	1.893,2	1.264,8	1.129,1	1.574,3
K	1.358,1	1.089,4	1.776,7	2.801,4	2.247,2	3.665,0
L	1.612,1	1.375,6	1.722,6	532,4	454,3	568,9

U. PAISAJE	Caudal Uso consuntivo Ecologico (L/seg)	Caudal Uso consuntivo Ecologico (L/seg)	Caudal Uso consuntivo Ecologico (L/seg)	Caudal Uso consuntivo Ecologico (L/seg)
A	1.978,7	1.477,7	2.415,0	1.165,3
B	706,6	633,0	750,5	593,8
C	1.820,9	1.580,3	1.961,3	1.453,3
D	4.453,3	3.772,6	5.381,9	3.236,1
E	1.716,9	1.447,7	2.351,7	1.146,4
F	1.985,8	1.778,1	2.355,2	1.585,7
G	12.003,8	5.969,2	15.802,6	2.691,4
H	1.964,6	1.387,6	2.011,4	1.179,7
I	2.581,3	1.743,7	3.110,7	1.288,1
J	3.794,4	3.387,2	4.723,0	2.942,0
K	8.404,2	6.741,6	10.995,1	5.323,8
L	1.597,2	1.362,9	1.706,7	1.248,3

ANEXO 8. INVENTARIO PECUARIO POR MUNICIPIOS SUBREGIÓN NORTE 2005

Municipio	Tipo de Explotación			Pdcción Leche/vaca /día	Pdcción/ Lec./día	Vacas en ordeño	Hectáreas en Pastos			Total Pastos
	% Leche	% D.P	% Carne				Corte	Natural	Mejorado	
ANGOSTURA	10.0	65.0	25.0	7.8	23,478	3,010	150	13,120	2,200	15,470
BELMIRA	100.0	0.0	0.0	10.0	126,580	12,658	2,000	3,805	6,297	12,102
BRICEÑO	64.0	20.0	16.0	7.0	35,000	5,000	0	3,000	17,000	20,000
CAMPAMENTO	50.0	50.0	0.0	4.5	10,445	2,321	90	6,200	4,000	10,290
CAROLINA	60.0	25.0	15.0	10.8	19,980	1,850	35	6,750	1,760	8,545
DON MATIAS	80.0	15.0	5.0	10.5	114,513	10,906	90	6,800	9,245	16,135
ENTRERRIOS	100.0	0.0	0.0	13.2	225,654	17,095	80	3,460	10,000	13,540
GOMEZ PLATA	30.0	45.0	25.0	8.0	14,256	1,782	350	22,200	2,150	24,700
GUADALUPE	10.0	30.0	60.0	4.1	2,870	700	30	4,815	10	4,855
ITUANGO	0.0	80.0	20.0	4.0	14,660	3,665	100	35,000	10,000	45,100
S.ANDRES DE C.	70.0	15.0	15.0	9.0	24,210	2,690	500	3,300	4,860	8,660
SAN JOSE	99.4	0.6	0.0	13.5	74,763	5,538	0	1,190	7,957	9,147
SAN PEDRO	98.0	0.0	2.0	14.0	441,798	31,557	100	420	15,865	16,385
SANTA ROSA	89.7	7.0	3.3	11.0	324,225	29,475	95	21,500	33,400	54,995
TOLEDO	28.6	50.1	21.3	8.4	8,198	976	10	2,939	4,043	6,992
VALDIVIA	30.0	60.0	10.0	8.0	42,016	5,252	1,500	21,150	13,000	35,650
YARUMAL	60.0	30.0	10.0	10.3	214,307	20,908	150	13,500	41,450	55,100
Total subregión Norte	57.6	29.0	13.4	9.1	1,716,953	155,383	5,280	169,149	183,237	357,666

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2005.

ANEXO 9. CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL POR ESTRATO EN ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ PARA EL AÑO 2005, EN m³

Año 2005	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total
ENERO	600.901	3.362.244	3.680.432	1.083.724	999.376	478.755	10.205.432
FEBRERO	859.236	3.899.646	4.025.952	1.155.393	923.599	583.092	11.446.918
MARZO	833.322	3.825.231	4.094.853	1.203.567	852.225	333.377	11.142.575
ABRIL	876.870	4.125.514	4.719.722	1.538.178	1.413.374	800.928	13.474.586
MAYO	891.415	4.045.956	4.388.891	1.257.158	1.027.482	549.323	12.160.225
JUNIO	848.861	3.897.045	4.205.965	1.284.073	1.059.803	568.504	11.864.251
JULIO	847.292	3.953.284	4.320.666	1.321.466	1.081.299	552.910	12.076.917
AGOSTO	780.342	3.586.715	3.630.059	1.086.895	722.924	336.823	10.143.758
SEPTIEMBRE	901.043	4.322.060	5.026.449	1.588.734	1.477.047	856.904	14.172.237
OCTUBRE	827.432	3.847.726	4.236.430	1.307.035	1.066.484	580.963	11.866.070
NOVIEMBRE	768.248	3.604.876	3.935.965	1.285.340	1.068.111	582.306	11.244.846
DICIEMBRE	1.108.364	4.717.267	5.061.960	1.504.579	1.046.492	553.533	13.992.195
TOTAL							143.790.010

Fuente: elaborado a partir de información suministrada por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos, República de Colombia. Disponible en Web: <http://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp>.

ANEXO 10. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA HIDRICA

A continuación se menciona una breve explicación de las metodologías utilizadas para la estimación de la proyección de la población.

MÉTODO GEOMÉTRICO:

Este método asume que la población depende del tamaño inicial de la población y de una tasa de crecimiento fija de la cual depende el comportamiento del incremento o disminución de la población (Krebs, 1985; Pianka, 1982). Este método presenta un crecimiento balanceado similar al de la curva de interés compuesto y se aplica generalmente a aquellas poblaciones que no han alcanzado su máximo desarrollo (Aguas De Pereira y Universidad Nacional, 2005).

El método utiliza la siguiente ecuación:

$$P_2 = P_1 \times (1 + r)^n$$

Donde:

P2 = Población del último año del período de diseño.

P1 = Población del último censo.

n = t - t0

m = t1 - t0

t2 = Último año del período de diseño

t1 = Año del censo P1

r = Tasa de crecimiento geométrico dada como:

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1$$

Nota: debido a que este método trabaja con pares de datos censales, depende de estos, el resultado estimado de la población.

MÉTODO DE LA VARIACIÓN LOGARÍTMICA:

Este método requiere como mínimo de tres censos, para este caso se utilizaron los censos de 1985, 1993 y 2005. La ecuación fundamental es:

$$P = P_2 e^{n(2K_2 - K_1)}$$

Donde:

Pi = Población en el año i.

P2 = Población del último censo.

P1 = Población penúltimo censo.

Po = Población del antepenúltimo censo

t2 = Año último censo

t1 = Año del penúltimo censo

t2 = Año antepenúltimo censo

$$K_2 = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad y \quad K_1 = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{t_1 - t_0}$$

Nota: este método arrojó como resultado unas altísimas poblaciones por lo que fue descartado.

MÉTODO DE LA CURVA DE CRECIMIENTO:

Este método supone que el crecimiento de la población obedece a una ley de variación constante de la tasa de crecimiento y en periodos de tiempo aproximadamente iguales. Sólo es aplicable cuando se dispone, como mínimo, de tres datos censales (Aguas De Pereira y Universidad Nacional, 2005).

Sean P0, P1 y P2 los resultados de la población dados por los censos realizados en los tiempos t0, t1 y t2 respectivamente.

t2 - t1 es el periodo intercensal entre los censos P2 y P1

t1 - t0 es el periodo intercensal entre los censos de P1 y P0

$\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$ es la tasa de crecimiento anual en el periodo t2 - t1

$\frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}$ es la tasa de crecimiento anual en el periodo $t_1 - t_0$

Se debe cumplir que $t_2 - t_1 \cong t_1 - t_0 = m$

En los periodos intercensales, la variación de la tasa de crecimiento debe cumplir la desigualdad:

$$Q = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} - \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} > 0$$

La variación de la tasa para un periodo posterior debe ser aproximadamente igual a los periodos históricos:

$$R = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} + \left[\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} - \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \right]$$

La población para el año $t_2 + m$ está dada por:

$$P(t_2+m) = P_2 + R.m = P_3$$

Para hallar la población para un periodo posterior $t_2 + 2m$, la población P_4 sería:

$$P(t_2+2m) = P_3 + (R+Q).m = P_4$$

Para un periodo posterior a $t_2 + n.m$ la población P_{n+2} será:

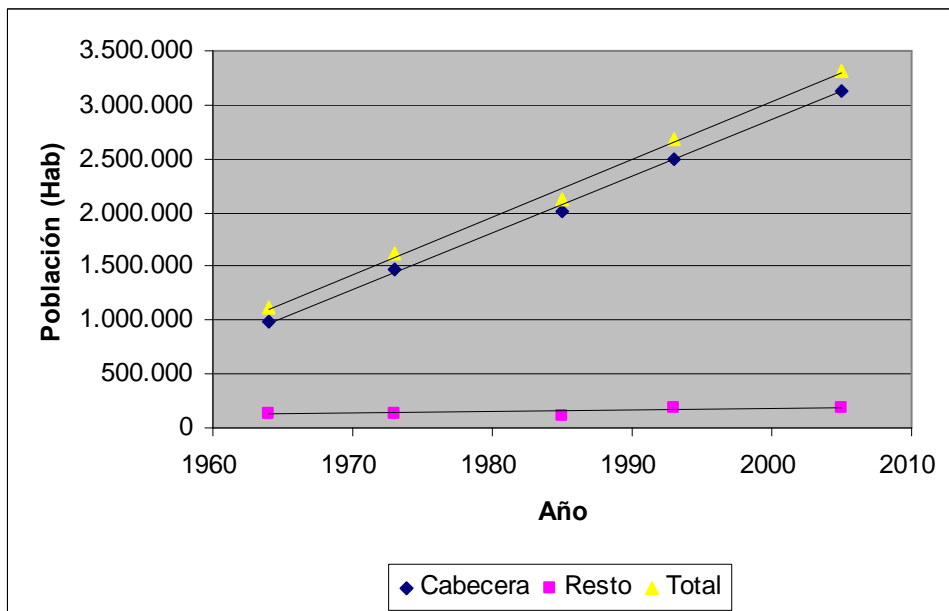
$$P(t_2+nm) = P(n+2) + (R+(n-1)Q).m = P_{n+2}$$

Nota: Este método exige que el periodo desde el último censo hasta el cual se quiere predecir la población sea muy similar a los periodos transcurridos entre censos lo que dificulta la comparación con otros métodos.

MÉTODO DE REGRESIÓN:

De acuerdo con la información suministrada por los censos, para el caso del Área Metropolitana, se puede apreciar en la siguiente figura la

linealidad de la información por lo que se realizaron diferentes regresiones obteniendo resultados satisfactorios.



Fuente: elaboración propia con base en información de DANE.

Para la estimación de la mejor regresión se utilizaron los años de censos como variable independiente y el total de habitantes de las cabeceras del Área Metropolitana (ver tabla al final de este anexo) como variable dependiente. El programa utilizado fue el Statgraphics plus 5.1

La mejor regresión encontrada para el total de habitantes en las cabeceras de los municipios del Área Metropolitana es del tipo modelo lineal y es la siguiente:

$$\text{Población} = - 101.755.000 + 52.306,1 (\text{Año})$$

Donde:

Población = a la población en un año determinado

Año = el año para el cual se quiere hacer la estimación

El análisis de varianza es el siguiente:

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: Población

Independent variable: Año

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-1,01755E8	2,6464E6	-38,4503	0,0000
Slope	52306,1	1333,83	39,2148	0,0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2,8563E12	1	2,8563E12	1537,80	0,0000
Residual	5,57219E9	3	1,8574E9		

Total (Corr.) 2,86188E12 4

Correlation Coefficient = 0,999026

R-squared = 99,8053 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99,7404 percent

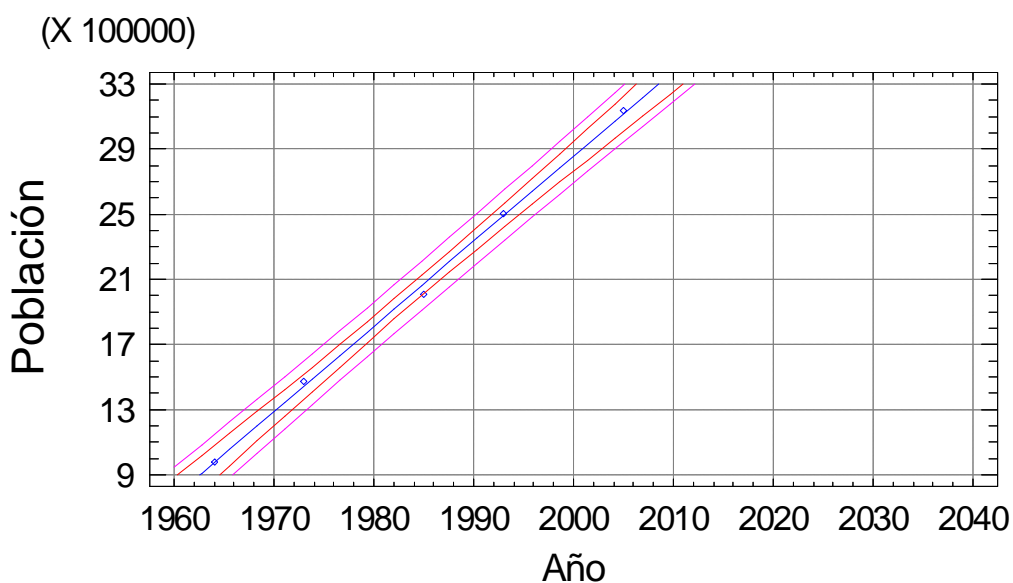
Standard Error of Est. = 43097,5

Mean absolute error = 25785,4

Durbin-Watson statistic = 2,80745 (P=0,0136)

Lag 1 residual autocorrelation = -0,433512

Gráficamente es de este tipo:



Para llegar a esta regresión se evaluaron muchos modelos desde el lineal, exponencial y logarítmico hasta algunas transformaciones más complejas sin que se mejoraran en ninguno de los casos los estadísticos encontrados con el modelo lineal.

De igual manera que en el caso anterior y evaluando diferentes tipos de regresiones se llegó a las siguientes como las que mejores estadísticos poseen:

Para la población del Valle de Aburra se tiene:

Valle de Aburrá	Ecuación de regresión
Cabecera	= - 101.755.000 + 52.306,1 (AÑO)
Resto	= - 2.499.970 + 1.335,66 (AÑO)
Total	= 417.092.000 – 471.854 (AÑO) + 132,41 (AÑO)²

Con las anteriores ecuaciones se estimaron las siguientes poblaciones para periodos de cinco años a partir de 2010:

Proyecciones de población para el Valle de Aburrá						
Año	2.010	2.015	2.020	2.025	2.030	2.035
Cabecera	3.380.261	3.641.792	3.903.322	4.164.853	4.426.383	4.687.914
Resto	184.707	191.385	198.063	204.742	211.420	218.098
Total	3.623.181	3.928.703	4.240.845	4.559.608	4.884.991	5.216.995

De igual manera se estimaron regresiones para la población de los municipios del área de influencia y se presentan a continuación:

Área de abastecimiento	Ecuaciones de regresión
Cabecera	= 67.403.300 – 68.508,6 (AÑO)+17,41 (AÑO)²
Resto	= - 385.658 + 214,53 (AÑO)
Total	= 49.261.600 – 50.396,7 (AÑO) + 12,90 (AÑO)²

A continuación se presentan algunas estimaciones de población para el área de abastecimiento calculadas con las regresiones anteriores:

Proyecciones de población para el área de influencia						
Año	2.010	2.015	2.020	2.025	2.030	2.035
Cabecera	49.255	57.139	65.893	75.518	86.013	97.379
Resto	45.547	46.620	47.693	48.765	49.838	50.911
Total	92.835	100.521	108.851	117.827	127.448	137.713

Notas Importantes:

1. Para todas las regresiones evaluadas fueron notablemente mejores los modelos lineales que los demás evaluados. Sin embargo para el total de los habitantes en los dos grupos y para los de las cabeceras municipales del área de influencia se mejoró mucho el modelo agregando la variable cuadrática.
2. Los modelos de crecimiento en las áreas rurales no son tan satisfactorios posiblemente debido a las dinámicas de movimientos poblacionales en estas áreas como lo es el desplazamiento forzado y la violencia.

**POBLACIÓN EN MUNICIPIOS DE ANTIOQUIA
SEGÚN LOS CUATRO ÚLTIMOS CENSOS (1964 – 2005)**

MUNICIPIOS Y SUBREGIONES	CENSOS DE POBLACIÓN														
	1964			1973			1985			1993			2005		
	Julio 15 de 1964			Octubre 24 de 1973			Octubre 15 de 1985			Octubre 15 de 1993			Noviembre 11 de 2005		
	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto
VALLE DE ABURRÁ	1.110.908	978.324	132.584	1.613.910	1.475.740	138.170	2.121.174	2.008.292	112.882	2.689.798	2.503.238	186.560	3.316.370	3.136.653	179.717
Medellín	791.589	735.236	56.353	1.163.868	1.122.099	41.769	1.480.382	1.431.462	48.920	1.834.881	1.733.832	101.049	2.223.660	2.187.356	36.304
Barbosa	15.611	4.898	10.713	22.271	7.830	14.441	30.386	11.823	18.563	34.985	13.673	21.312	42.547	18.721	23.826
Bello	95.463	87.973	7.490	129.173	103.039	26.134	214.921	208.439	6.482	293.841	285.942	7.899	373.013	359.404	13.609
Caldas	25.688	18.132	7.556	33.630	28.635	4.995	43.375	37.173	6.202	56.488	49.141	7.347	68.157	52.632	15.525
Copacabana	19.873	9.899	9.974	29.997	21.231	8.766	42.019	30.461	11.558	49.649	41.734	7.915	61.421	53.033	8.388
Envigado	47.440	41.671	5.769	73.057	67.199	5.858	93.907	91.295	2.612	123.943	114.232	9.711	175.337	166.742	8.595
Girardota	13.037	5.055	7.982	17.879	11.022	6.857	24.426	14.130	10.296	31.168	17.501	13.667	42.830	25.201	17.629
Itagüí	69.734	61.778	7.956	103.898	90.828	13.070	139.019	137.215	1.804	193.381	187.673	5.708	231.768	209.498	22.270
La Estrella	16.877	6.324	10.553	23.619	14.533	9.086	31.419	28.403	3.016	41.592	35.275	6.317	52.763	28.538	24.225
Sabaneta	15.596	7.358	8.238	16.518	9.324	7.194	21.320	17.891	3.429	29.870	24.235	5.635	44.874	35.528	9.346
ÁREA INFLUENCIA	52.899	16.715	36.184	55.111	19.985	35.126	64.271	22.345	41.926	72.124	28.234	43.890	85.535	42.816	42.719
Belmira	6.074	1.471	4.603	5.670	1.895	3.775	6.011	1.561	4.450	5.658	1.409	4.249	6.196	1.693	4.503
Don matías	9.311	3.587	5.724	10.610	4.074	6.536	11.806	5.430	6.376	13.719	8.336	5.383	17.759	11.452	6.307
Entreríos	4.485	1.417	3.068	5.006	2.011	2.995	5.764	2.049	3.715	7.276	2.620	4.656	8.452	3.972	4.480
San Pedro de los M.	9.996	3.214	6.782	11.851	4.279	7.572	14.468	5.354	9.114	18.284	6.096	12.188	22.100	10.889	11.211
Santa Rosa de O.	23.033	7.026	16.007	21.974	7.726	14.248	26.222	7.951	18.271	27.187	9.773	17.414	31.028	14.810	16.218

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE y Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia.

Bibliografía

- AGUAS DE PEREIRA y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
2004. Oferta y demanda hídrica en la subregión No.1 del departamento de Risaralda con los municipios de Cartago y la Virginia. Instituto del Agua Universidad Nacional de Colombia & Aguas y Aguas de Pereira. Anexo - Demanda.
- KREBS J., Charles. 1985. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia .Instituto Ecológico de Recursos Animales. Universidad de Columbia Británica. Editorial Harla, México. Pp199-227.
- PIANKA, Eric, 1982. Ecología Evolutiva. Universidad de Texas, Austin. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. Pp105-113.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Censo general 2005: nivel nacional*. Colombia. Disponible en Web: <<http://www.dane.gov.co/censo/files/libroCenso2005nacional.pdf>>.

ANEXO 11. BASES PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LOS PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA

Teniendo en cuenta la importancia de la planificación para el logro de una gestión eficaz del agua se plantean las bases teóricas de un modelo de simulación que busca integrar los fenómenos complejos alrededor del recurso hídrico, teniendo en cuenta su expresión territorial en la cuenca hidrográfica. La importancia de conocer la incidencia de los impactos generados a partir del mal uso de los recursos hace preciso buscar nuevas metodologías que muestren lo indispensable de actuar desde diferentes ámbitos.

Se pretende dejar expresado un procedimiento que permita aportar en el proceso de toma de decisiones mediante el uso de la dinámica de sistemas. Este proceso conlleva varias fases: el problema, límites del modelo, modos de referencia formulación del modelo formal, simulación del sistema, análisis de políticas y simulación de políticas. Como se trata de un aspecto propositivo y se carece de información para realizar ejecutar el modelamiento, se dejan planteadas las primeras fases de manera que en el futuro luego de la investigación básica que aporte toda la información pueda finalizarse y en especial servir en el proceso de gestión. A continuación se refiere cada aspecto.

EL PROBLEMA

Las necesidades de agua son cada vez mayores y las fuentes para el abastecimiento se agotan, no por escasez como se ya ha dicho, sino por la falta de una adecuada gestión. De este modo el agua requiere de un reconocimiento primordial de suerte que se garantice su sostenibilidad de manera eficaz, lo cual indudablemente reclama administración y conservación de los ecosistemas que la proveen.

La degradación de los ecosistemas proveedores del recurso hídrico como los páramos y selvas, el crecimiento urbanístico y el consiguiente vertimiento de residuos han deteriorado la calidad y disponibilidad de agua, incidiendo en las relaciones de intercambio con el medio ambiente frenando los procesos naturales de los ecosistemas; lo que a su vez se traduce en agotamiento por deterioro del recurso, encarecimiento, dificultad para adquirirlo y disminución de la calidad de vida.

Lo anterior deja ver los esfuerzos que deben hacer las empresas prestadoras del servicio de agua potable para el suministro, a la vez que evidencia lo complejo de la situación del agua dadas las interrelaciones de tipo ambiental, económico, social y político.

La cuenca hidrográfica se constituye en la unidad de gestión del recurso hídrico haciéndose indispensable su manejo para garantizar el agua. La cuenca entendida como unidad territorial permite, a partir de esquemas argumentales y mentales, prever lo que pueda acontecer allí y con ello evaluar las alternativas de intervención, con base en la sensibilidad de los procesos naturales y los cambios que le ocurren cuando se interviene. Para lo que se propone la construir modelos sobre su dinámica.

El área metropolitana del Valle de Aburrá AMVA, como se ha mostrado, es una de las zonas de Colombia de mayor crecimiento y densificación poblacional que ha ido expandiendo sus fuentes de agua hasta llegar a depender cada vez de fuentes más lejanas ubicadas por fuera de su jurisdicción. El problema radica en que dichas zonas, donde se ubican los ecosistemas y las cuencas abastecedoras están sometidas a una intensa presión por poblaciones campesinas que tratan de derivar, del aprovechamiento económico de la tierra y los ecosistemas, los recursos necesarios para su subsistencia. Resulta un tanto paradójico que, en este proceso, afectan la cantidad, estabilidad y calidad del agua necesaria en el AMVA, que podría ser su principal fuente de ingresos, si las políticas de gestión del agua fueran más adecuadas.

LIMITES DEL MODELO

Se pretende establecer las tendencias en la relación oferta demanda de agua en el AMVA y hacer una proyección hacia el futuro para modelar de manera compleja diversos escenarios que incluyan las relaciones ecosistémicas. La utilización de la dinámica de sistemas permite de forma ágil y rápida hacer un análisis de los parámetros más relevantes en la determinación del balance de agua, así como análisis del tipo qué pasaría por ejemplo, si se aumenta el costo del recurso, si la población crece a un ritmo más acelerado, si los ingresos de la población crecen por encima de lo proyectado.

Mediante estos modelos se puede valorar el recurso agua e incidir su planificación y gestión orientada al desarrollo sostenible, lo que implica el desarrollo de una metodología que integre varios planos de los diferentes horizontes conceptuales que aporten a la comprensión de cada uno de los aspectos que intervienen en el modelamiento.

A partir de entender las estructuras, manejarlas para obtener diferentes comportamientos y que éstos finalmente arrojen nuevos resultados, que servirán para validar y mejorar la comprensión de los comportamientos básicos del fenómeno, se puede obtener una interacción y clara comprensión de los problemas analizados (Scheel, 2001).

El uso de los modelos estructurales de representación y visualización permite entender la variabilidad y complejidad que encierra el recurso agua, así mismo el tratamiento holístico mediante el enfoque sistémico, el largo plazo y la historia pasada, a la vez el manejo de la gran escala por medio de estructuras de información de gran valor que permitan sistematizar la cantidad de relaciones generadas por la variabilidad y múltiples escalas en que se presenta el fenómeno.

MODOS DE REFERENCIA

La oferta hídrica dependerá de la capacidad del ecosistema de producir un caudal dado, el cual a su vez dependerá de la precipitación, erosión, cobertura vegetal y área de la cuenca, para estimar cual ha sido y será el comportamiento del caudal en un determinado periodo de tiempo.

Además del caudal de la cuenca, también hay considerar la capacidad del embalse y de la planta de tratamiento, ya que para un ecosistema dado es posible ofrecer un determinado caudal para potabilizar, caudal que cubre cierta población, ahora si el caudal que ofrece este ecosistema es menor que el requerido se tendrá como resultado una población no cubierta. Así mismo el crecimiento de la población incidirá en el consumo (gasto del servicio, para Colombia este es estratificado por sectores socioeconómicos).

Considerando la importancia que tienen los ecosistemas acuáticos se puede partir de la función que cumple la vegetación en la regulación de los caudales. Dependiendo de la cobertura vegetal se logra un efecto diferente sobre la escorrentía, por lo que las coberturas de bosque o sabana se constituyen en un factor de mitigación del proceso erosivo, ya que el efecto de la escorrentía es mucho mayor en suelos descubiertos que cubiertos.

En la medida en que aumenta la lluvia mayor se hace la erosión. En este sentido la vegetación tiene mayor importancia sobre el proceso erosivo que la intensidad de las lluvias. En orden descendente las siguientes coberturas contribuyen en la mitigación de la erosión del suelo: bosque, sabana, cultivos permanentes, cultivos temporales y suelo sin cobertura. La vegetación entonces hace posible la conservación de la cuenca hidrográfica.

Las variaciones en la precipitación generan cambios respecto a la erosión, en este sentido la pérdida de suelo se establece como un factor importante en la perturbación de los ecosistemas y de cambio en la potencialidad del suelo. Dichos cambios ocurren por factores biofísicos, pero además de tipo antrópico resultado de malas prácticas, técnicas de cultivo, planes inadecuados de desarrollo de obras civiles, sobreexplotación de recursos naturales, o asignación de usos diferentes a los usos potenciales.

El ecosistema está sujeto a las perturbaciones en el tiempo como consecuencia de la destrucción de sus propiedades biológicas, hidrológicas y edáficas.

Factores que afectan la disponibilidad del recurso hídrico

Además de los factores hidrológicos el consumo es uno de los factores que más influye en la disposición de agua. Para definirlo es necesario considerar el comportamiento de la población, pues a medida que asciende el número de personas que se surten de agua de un sistema el consumo total aumenta. Al incrementarse el consumo, las fuentes de agua disponibles comienzan a ser insuficientes, razón por la cual se requiere buscar nuevas fuentes para atender las necesidades de la población.

Si un sistema posee suficiente cantidad de agua disponible y de hecho no se presenta escasez, se genera un mayor consumo debido a que los usuarios no evidencian la necesidad de hacer un manejo adecuado del recurso. Otra manera de explicar el incremento en el consumo es debido al uso inadecuado del agua cuando este es abundante, es decir se consume más porque se tiene de sobra. Por lo que además se generan más vertimientos que requerirán de tratamiento y disposición. Factores que inciden en la reducción del agua y conducen a la búsqueda de nuevas fuentes.

Otro factor que interviene en la disponibilidad de agua es la demanda, la cual se ve afectada por el consumo y por el agua no contabilizada. El agua no contabilizada corresponde a la cantidad de agua para compensar estas pérdidas y suministrar la cantidad requerida por los usuarios. Así al incrementar estos dos factores la cantidad de agua demandada por los usuarios es mayor.

Cuando se incrementa la demanda se genera mayor cantidad de aguas residuales y se reducen las fuentes de agua para consumo.

Gestionar la demanda requiere no solo del cambio de la tarifa del agua y precios sino además un cambio en los comportamientos de los usuarios, incluidas las correspondientes en términos de la conservación.

A futuro el embalse de Riógrande II se ha visualizado como el que mayor capacidad presenta dadas sus características ecológicas y de infraestructura.

Hipótesis: Resulta más costoso buscar nuevas alternativas de fuentes para el abastecimiento metropolitano que conservar las actuales.

Preguntas:

¿Hasta cuándo puede crecer la población del área metropolitana para satisfacer su demanda de agua potable, con la actual infraestructura?

¿Cómo se afecta la oferta de agua si se cambia el uso del suelo?

¿Qué pasa si el caudal en la cuenca disminuye y la demanda de agua crece?

¿Cómo influye el precio del agua en el consumo?

Escenarios sobre la demanda futura:

1. Qué implica compensar en cada una de las cuencas que abastecen actualmente de agua potable al área metropolitana, el efecto en la calidad y cantidad y el efecto en el precio.
2. Aumentar las medidas coercitivas y aún seguir bajando la calidad y flujo.
3. No actuar ahora.

HIPÓTESIS DINÁMICA

A continuación se presenta el diagrama de influencias que explica de manera gráfica la hipótesis dinámica conforme los argumentos referidos en el numeral anterior. Nótese los ciclos y los signos y el relacionamiento de los parámetros que inciden en la oferta y la demanda del recurso hídrico. (Ver figuras)

DIAGRAMA DE INFLUENCIAS DE LA OFERTA HÍDRICA

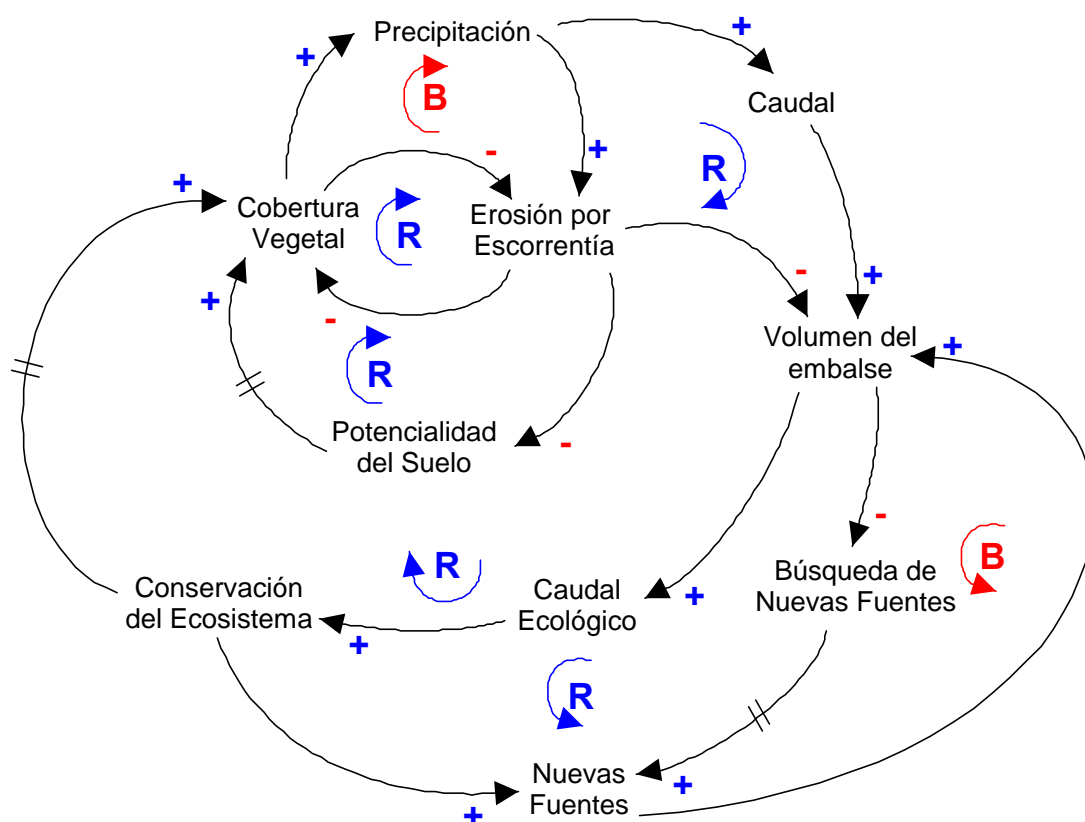
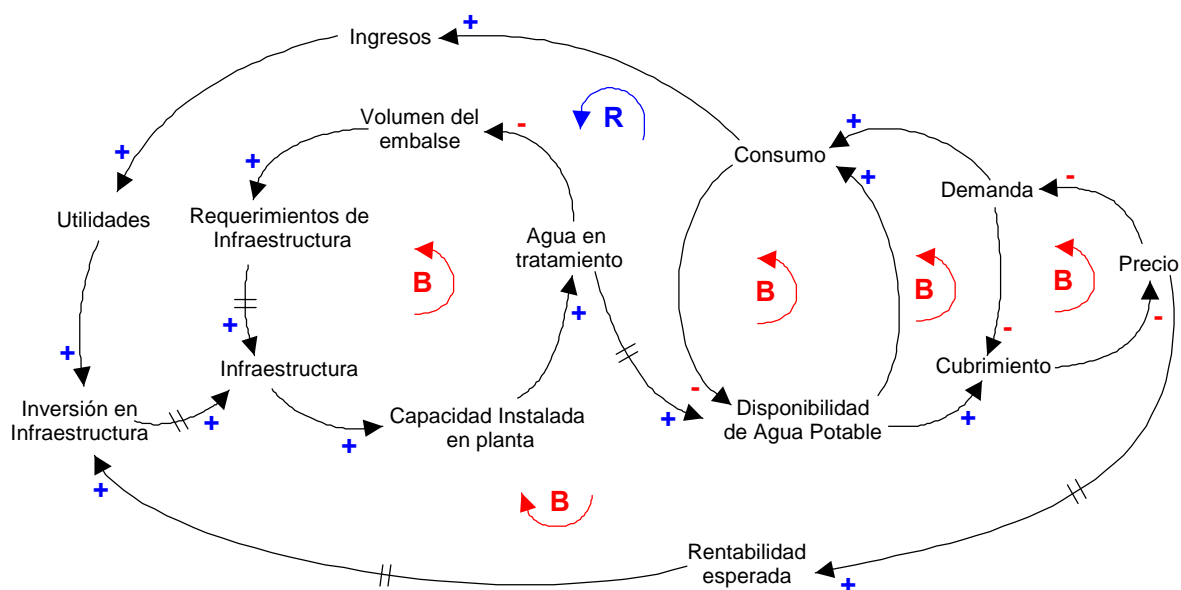
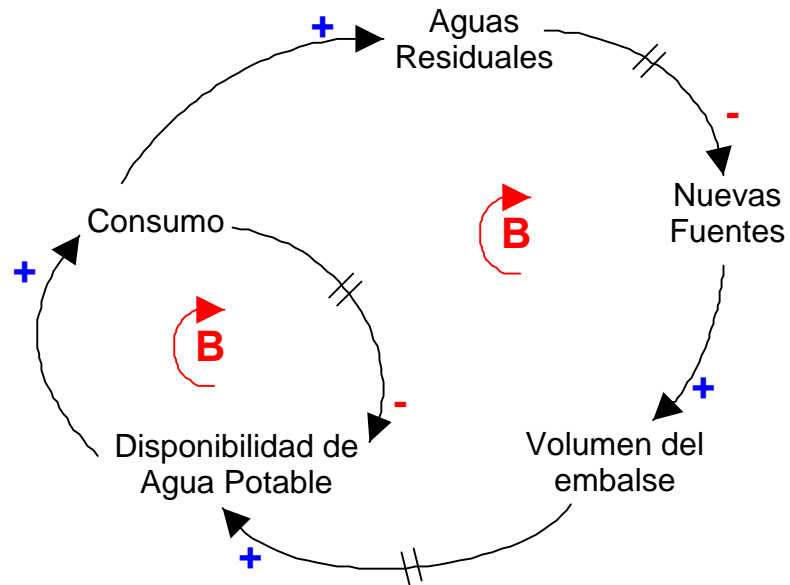


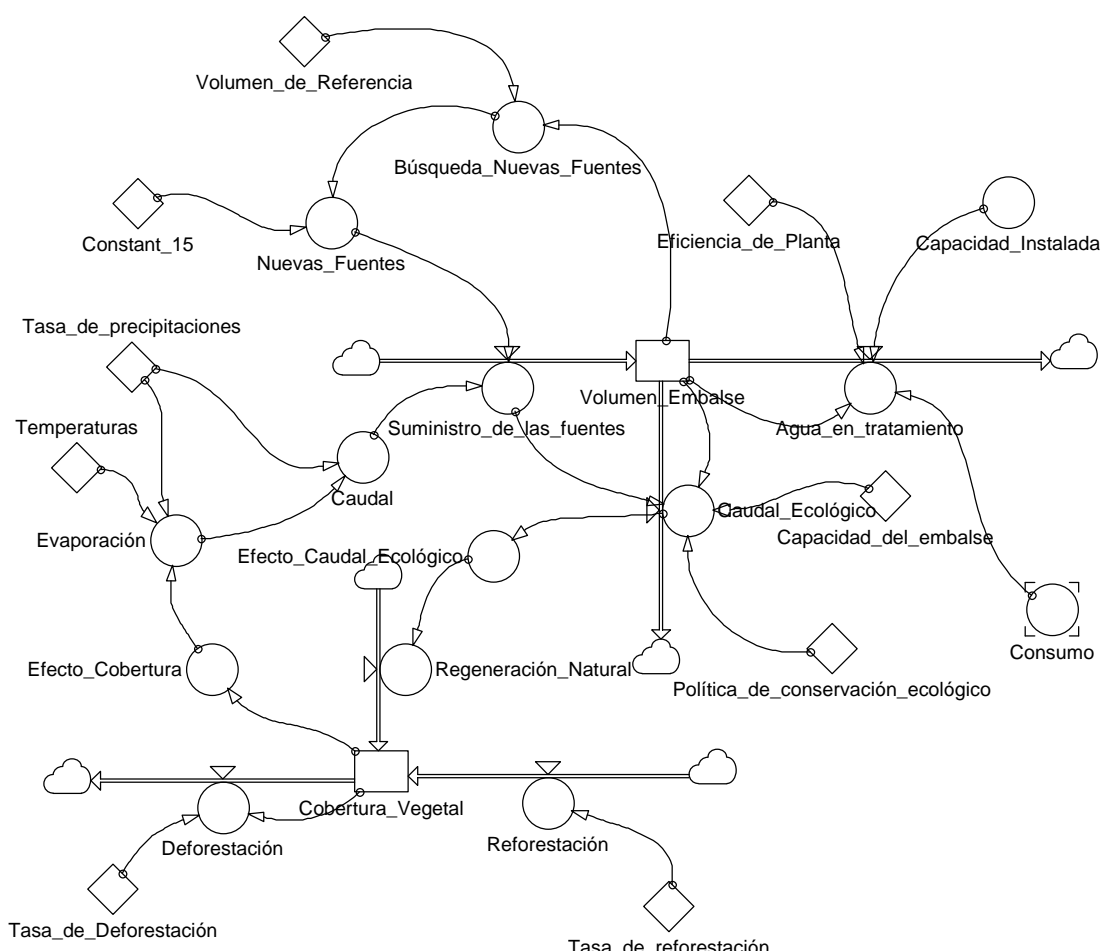
DIAGRAMA DE INFLUENCIAS DE LA DEMANDA HÍDRICA





FORMULACIÓN DEL MODELO FORMAL

A partir de los diagramas de influencia se construyó el siguiente modelo formal que se representa por medio del diagrama de Forester mediante el uso del programa de simulación *Vensim*, en el se deja expreso el nivel en el que se almacena la capacidad del sistema, que va incrementándose según las necesidades.



Los aspectos de simulación del sistema, análisis de políticas y simulación de políticas no pueden realizarse porque como se dijo al inicio de este numeral requieren de la base científica e investigativa aún no realizada, no obstante se deja como iniciativa de propuesta para un trabajo posterior que implicará grandes esfuerzos en investigación e inversión económica pero que bien valdrá la pena por los beneficios sociales, ambientales y económicos que tendrán, por el efecto un punto más para el análisis en el proceso de gestión.

Una vez validado el modelo planteado se puede comprender y analizar su comportamiento. Vale mencionar que es necesario tener en cuenta que el modelo genera incertidumbre sobre el comportamiento real dependiendo necesariamente la confiabilidad de la información con que se alimente.

Bibliografía

SCHEEL M., C. 2001. Modelación de la dinámica de sistemas. Editorial Trillas. México. 277p.